

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Resistencia de motero con cemento sustituido al 10% y 15% por
arcilla de Cuscuden-San Pablo (Cajamarca)**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor

Mantilla Paredes, Elvis Arturo

Asesor

Solar Jara, Miguel

Chimbote – Perú

2018

PALABRAS CLAVE:

Tema	Resistencia de Mortero
Especialidad	Tecnología de Concreto

KEY WORDS:

Topic	Mortar Resistance
Specialization	Concrete Technology

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Código	Línea
01.	Ingeniería
02.	Ingeniería y Tecnología
02.01	Ingeniería Civil

**Resistencia de motero con cemento sustituido al 10% y 15%
por arcilla de Cuscuden-San Pablo (Cajamarca).**

Resumen:

El presente proyecto fue una investigación aplicada y explicativa, es de enfoque cuantitativo y de diseño experimental en bloque completo al azar, cuyo objetivo general fue evaluar la resistencia a compresión en mortero sustituyendo al cemento un 10% y 15% por arcilla de Cuscuden – San Pablo (Cajamarca).

Para lo cual primero se obtuvo la composición química del material de sustitución arcilla de Cuscuden-San Pablo, se realizó el ensayo de fluorescencia de rayos X, obteniendo los principales óxidos ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$) de arcilla nos dio 92,98%.

Se elaboraron 27 probetas de mortero (9 patrón, 9 experimental con 10% y 9 experimental con 15% de adición). Las probetas de mortero fueron ensayadas a las edades de 3, 7 y 28 días, se determinó que las adiciones del 10% y 15% de arcilla tienden a disminuir la resistencia de morteros a los 28 días con respecto a un mortero patrón, siendo expresadas estas disminuciones en porcentajes de 0.52% y 2.84% , respectivamente.

Lo cual se obtuvo que la sustitución del cemento en un 10% y 15% de arcilla no lograron superar los morteros patrón.

Abstract:

The present project was an applied and explanatory investigation, it is of quantitative approach and of experimental design in complete block at random, whose general objective was to evaluate the resistance to compression in mortar replacing the cement by 10% y 15% by clay of Cuscuden-San Pablo (Cajamarca).

For which first the chemical composition of the clay substitution material of Cuscuden-San Pablo was obtained, the X-ray fluorescence test was carried out, obtaining the main oxides ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$) of clay gave us 92.98%.

A total of 27 mortar specimens were prepared (9 standards, 9 experimental with 10% and 9 with 15% addition). The mortar samples were tested at the ages of 3, 7 and 28 days, it was determined that the additions of 10% and 15% of clay tend to decrease the resistance of mortars at 28 days with respect to a standard mortar, these being expressed decreases in percentages of 0.52% and 2.84%, respectively.

It was obtained that the replacement of the replacement of the cement in 10% and 15% of clay did not overcome the standard mortars.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

Palabras clave-key words – Línea de investigación	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract	i
Índice	v
I). Introducción	1
II). Metodología	28
III). Resultados	37
IV). Análisis y discusión	60
V). Conclusiones y recomendaciones	63
VI). Agradecimientos	65
VII). Referencias bibliográficas	66
VIII). Anexos	68
IX). Panel fotográfico	88

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Proporciones en componentes químicos del cemento.....	11
Tabla N° 2: Componentes químicos del cemento Pacasmayo Tipo1.....	12
Tabla N° 3: Requisitos granulométricos.....	15
Tabla N° 4: Requisitos para agua mezcla- ntp 339.088.....	17
Tabla N° 5: clasificación del motero según el valor de resistencia.....	22
Tabla N° 6: Proporciones de acuerdo al tipo de obra.....	24
Tabla N° 7: Variable dependiente.....	26
Tabla N° 8: Variable independiente.....	26
Tabla N°9: Diseño de bloque completo al azar.....	29
Tabla N° 10: Técnicas e instrumentos de investigación.....	30
Tabla N° 11: Cantidades de material Ntp 334.051.....	33
Tabla N° 12: Propiedades de la arena.....	39
Tabla N°13: Composición química del cemento.....	40
Tabla N° 14: Requisito físico de gradación para 3 cubos.....	41
Tabla N° 15: Fluidéz del mortero patrón y experimental.....	42
Tabla N°16: PH de los materiales.....	44
Tabla N° 17: Ensayo de resistencia a la compresión según motero patrón.....	44
Tabla N° 18: Resistencias a la compresión de los especímenes experimental 10%.....	45
Tabla N° 19: Resistencias a la compresión de los especímenes experimental 15%.....	47
Tabla N° 20: Comparación de resistencias patrón, experimental 10% y 15%.....	48
Tabla N° 21: Composición química de la arcilla.....	49
Tabla N° 22: componentes químicos de cemento 100%.....	50
Tabla N° 23: componentes químicos de cemento 90% y 85% , arcilla en 10% y 15%.....	51

Tabla N° 24: componentes químicos de mezcla.....	52
Tabla N° 25: cuadro comparativo del cemento con la combinación.....	53
Tabla N° 26: Comparación para límite líquido y plástico de la arcilla.....	54
Tabla N° 27: Comparación de pesos patrón y experimental 10 y 15%.....	54

INDICE DE GRAFICOS

Grafico N°1: Curva de pérdida de masa- análisis termo gravimétrico de la arcilla.....	37
Grafico N°2: Curva calorimétrica Dsc de la arcilla.....	38
Grafico N°3: Resistencia a la compresión patron en (kg/cm ² – días).....	45
Grafico N°4: Resistencia a la compresión espécimen exp. 10% (kg/cm ² – días).....	46
Grafico N°5: Resistencia a la compresión especimen exe. 15%(kg/cm ² – días).....	47
Grafico N°6: Comparación promedio resistencias patrón, exp. 10% y 15%(Kg/cm ² – días).....	48
Grafico N°7: Composición química de la arcilla.....	50
Grafico N°8: Comparación del límite líquido y plástico de la arcilla.....	55
Grafico N°9: casa grande.....	56
Grafico N°10: Comparación de pesos promedios de patrón y experimental 10 y 15%.....	58

I). INTRODUCCIÓN

De los antecedentes encontrados se ha abordado los trabajos más relevantes a esta investigación, como **Luis,A (2015)**. En su presente trabajo se determinó la influencia de la arcilla calcinada de Pontezuela en las lechadas de cemento Portland. Se realizaron ensayos de fluido libre y reología, tanto para lechadas de cemento Portland con arcilla calcinada de Pontezuela y lechadas con zeolita del yacimiento San Andrés a 5, 10, 20 y 30 % de sustitución de cemento Portland. Además se determinó la resistencia mecánica de las lechadas con arcilla calcinada a los porcentos de sustitución de cemento mencionados anteriormente. Se observó a medida que aumentaba el porciento de sustitución de cemento por arcilla calcinada una disminución del fluido libre, un aumento del punto de cadencia y de la viscosidad plástica así como de la resistencia mecánica. A los mismos porcentos de sustitución la arcilla calcinada presenta valores inferiores de fluido libre y de viscosidad plástica en comparación con la zeolita mientras que el punto de cadencia y la resistencia del gel son superiores. El valor más bajo de resistencia mecánica se alcanzó en el 10 % de sustitución de cemento por arcilla calcinada de Pontezuela, para un 5 y 20 % los valores de resistencia mecánica son similares obteniéndose el mayor valor de resistencia mecánica con un grado de sustitución de un 30 % de arcilla calcinada de Pontezuela.

Por otro lado en la investigación **Sunkoua (2013)**. En su investigación habla de la activación de arcilla mediante lavado de donde se utilizó un flujo de aceite que estuvo a 100°C aproximadamente, este tratamiento fue realizado por 2 horas. Luego del cual, se secó en estufa a 50 °C por 16 horas. se muestran algunas de las reflexiones identificadas como montmorillonita (M), muscovita (Mu) y cristobalita (Cris). Se observa que la reflexión a 62.7° (plano 060) de la montmorillonita permanece hasta los 600°C, sin embargo el pico a 5.9° (plano 001) desaparece antes de los 200°C. Para temperaturas

mayores a 800oC aparece la fase mullita y la fase montmorillonita desaparece por completa. Este proyecto se realizó usar la arcilla activada para la industria textil para la durabilidad de sus productos.

En la investigación de **Castillo,R. et all. (2011)**. En su investigación que las arcillas calcinadas en forma de meta caolín han recibido por ejemplo especial atención en años recientes. Se conoce que estas adiciones, cuando se añaden a morteros y hormigones, mejoran tanto su resistencia mecánica como su durabilidad. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de las propiedades físico-mecánicas y la durabilidad en micro hormigones, empleando arcillas calcinadas y molidas como material sustituyente del 30% en peso del cemento Portland ordinario (CPO). Para ello se utilizó una tierra arcillosa, compuesta principalmente por mineral caolín de bajo grado de pureza, para la obtención de arcillas calcinadas como minerales cementicos suplementarios. Los mejores resultados se resistencia a la compresión a los 28 días se obtuvieron para la arcilla sedimentada y calcinada, la cual posee mayor contenido de mineral caolín debido a un proceso de purificación por sedimentación de la materia prima acometido sólo para esta sustitución.

La construcción se encuentra en auge en ciertas partes del país. El pueblo busca que se consoliden las mayores obras posibles y en su medida que sean construcciones duraderas pero la sociedad también busca que su ecosistema no esté tan afectada por esta demanda, por otro lado las empresas constructoras buscan cumplir estos requerimientos así como resolver el problema que tienen al querer transportar sus insumos a zonas de difícil acceso como el caso del cemento que se encuentra en zonas muy distantes al crecimiento de las poblaciones del sector.

Por ende buscaremos una solución para nuestro concreto de obra, que no afecte nuestro ecosistema y de que en su medida se pueda realizar con agregados de la misma zona como usar la arcilla como parte de él, y así resolver en parte el problema de

traslado, no contaminar y que nuestras obras sean de gran aprovechamiento para la sociedad.

Esta investigación tiene por finalidad determinar la resistencia a la compresión y costo económico de un mortero en el cual el cemento ha sido sustituido parcialmente con la arcilla que permita bajar los costos del cemento y que se puede emplear en la construcción de viviendas del tipo económico para poblaciones de bajo recursos económicos así como para las obras que generen menos gastos de construcción.

La ingeniería civil y los materiales de construcción se ha desarrollado consideradamente a partir de la segunda mitad del siglo XX. Los países pobres y en vías de desarrollo hacen grandes esfuerzos para desarrollar tecnologías que les permitan aprovechar sus vastos recursos naturales y generar sus propios materiales de construcción.

Actualmente la problemática de nuestra localidad es el bajo rendimiento de las edificaciones, debido a que tratan de economizar en materiales, de aquí partimos nuestro trabajo de investigación, buscamos innovar el concepto de autoconstrucción para las zonas más pobres, la adición de la arcilla-Cuscuden(Cajamarca) busca comprobar que añadiendo este material mencionado pueda sustituir al cemento y obtener mejor resistencia a compresión de un mortero.

Por lo expuesto nos planteamos el siguiente problema de investigación

¿CUÁL ES EL EFECTO DE LA SUSTITUCION DEL CEMENTO POR UN 10% Y 15% DE ARCILLA DE CUSCUDEN EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN MORTERO?

MARCO REFERENCIAL

TECNOLOGIA DEL CONCRETO

El mortero es un material compuesto empleado en construcción, formado esencialmente por un aglomerante al que se añade partículas o fragmentos de un agregado, agua y aditivos específicos.

El aglomerante es en la mayoría de las ocasiones cemento (generalmente cemento Portland) mezclado con una proporción adecuada de agua para que se produzca una reacción de hidratación. Las partículas de agregados, dependiendo fundamentalmente de su diámetro medio, son los áridos (que se clasifican en grava, gravilla y arena). La sola mezcla de cemento con arena y agua (sin la participación de un agregado) se denomina mortero.

El cemento es un material pulverulento que por sí mismo no es aglomerante, y que mezclado con agua, al hidratarse se convierte en una pasta moldeable con propiedades adherentes, que en pocas horas fragua y se endurece tornándose en un material de consistencia pétreo. El cemento consiste esencialmente en silicato cálcico hidratado (S-C-H), este compuesto es el principal responsable de sus características adhesivas. Se denomina cemento hidráulico cuando el cemento, resultante de su hidratación, es estable en condiciones de entorno acuosas. Además, para poder modificar algunas de sus características o comportamiento, se pueden añadir aditivos y adiciones (en cantidades inferiores al 1 % de la masa total del concreto), existiendo una gran variedad de ellos: colorantes, aceleradores, retardadores de fraguado, fluidificantes, impermeabilizantes, fibras, etc.

El mortero convencional, se usa para rellenar los espacios que quedan entre los bloques y para el revestimiento de paredes. Los conglomerantes más comunes en la actualidad son los de cemento aunque históricamente han sido, la cal, la tierra y

el yeso los más utilizados. Generalmente, se utilizan para obras de albañilería, como material de agarre, revestimiento de paredes, etc

Los morteros pueden tener una función estructural, y pueden usarse entonces en la construcción de elementos estructurales, o en la mampostería estructural en donde puede ser de pega o de relleno en las celdas de los muros.

Existen otros morteros que no tienen función estructural y se destinan a recubrimiento como pañetes, repellos o revoques.

Mortero de pega: Debe tener cualidades especiales, diferentes a los morteros usados para otros fines porque está sometido a las condiciones especiales del sistema constructivo, y una resistencia adecuada ya que debe absorber esfuerzos de tensión y compresión.

Morteros de relleno: Se utilizan para llenar las celdas de los elementos en la mampostería estructural, y al igual que el mortero de pega debe tener una adecuada resistencia.

Morteros de recubrimiento: Ya que su función no es estructural sino de embellecimiento, o la de proporcionar una superficie uniforme para aplicar la pintura, no requieren una resistencia determinada; la plasticidad juega en ellos un papel muy importante.

Definición del mortero.

Mortero, en su definición más general es toda mezcla de (cemento + arena + agua). Él puede tener función estructural, o no tenerla. Los pañetes, por ejemplo, no poseen función estructural; los morteros usados en mampostería (pega o relleno), o los usados para fundir elementos estructurales, sí poseen tal función.

De acuerdo con su origen, los morteros pueden ser premezclados en planta, premezclados secos, o elaborados en obra.

De acuerdo con su dosificación ha sido costumbre hablar de morteros de relación 1:n (1:3 Ó 1:4, etc.), queriendo indicar partes de cemento: arena; sin embargo, bajo esta denominación se ha incurrido casi siempre en un error implícito por lo siguiente:

No es claro si se trata de partes en masa o en volumen.

Varios morteros con la misma relación 1:n, y con igual manejabilidad, pueden arrojar diferentes resistencias a compresión a los 28 días, en razón de la granulometría de la arena utilizada.

Propiedades del mortero y sus componentes.

Trabajabilidad

En esta etapa el mortero acepta deformaciones con pequeños aportes de energía externa. Para producir las cuales deben vencerse principalmente dos reacciones internas del mortero: una constituida por el frotamiento de las partículas granulares, cuya medida denominaremos fluidez del mortero, y la otra proveniente de la cohesión de la masa, cuya medida denominaremos consistencia del mortero.

El conjunto de ambas características constituye la trabajabilidad del mortero, designada también con el nombre de docilidad.

La trabajabilidad es fundamental en la etapa en que el mortero se mantiene en estado plástico, ya que condiciona sus características en dicha etapa, la que a su vez corresponde a la de su empleo en obra.

La trabajabilidad del mortero se suele categorizar en función del asentamiento del cono de Abrams o el escurrimiento en las mesas de sacudidas ASTM o DIN.



Figura 1: Asentamiento del cono de Abrams
Fuente: Diseño y fabricación de hormigones

Densidad

La densidad del mortero se define como el peso por unidad de volumen. Depende del peso específico y de la proporción en que participan cada uno de los diferentes materiales constituyentes del mortero. Para los morteros convencionales confeccionados con materiales granulares provenientes de rocas sin contenidos de minerales metálicos, su valor oscila entre 1.8 y 2.3 Kg. /dm³.

La densidad normalmente experimenta ligeras variaciones con el tiempo, que provienen de la evaporación del agua de amasado hacia la atmósfera y que en total puede significar una variación de hasta un 5 % de su densidad inicial.

Resistencia

La resistencia es una de las propiedades más importantes del mortero, principalmente cuando se le utiliza con fines estructurales.

El mortero en su calidad de constituyente de un elemento estructural, queda sometido a las tensiones derivadas de las sollicitaciones que actúan sobre éste. Si sobrepasan su capacidad resistente se producirán fracturas, que pueden llegar a afectar la seguridad de la estructura.

Por este motivo, los elementos estructurales deben ser dimensionados de manera que las tensiones producidas no sobrepasen la capacidad resistente del material constituyente, lo cual muestra la importancia de conocer esa característica.

El examen de las teorías de rotura de los materiales demuestra que esta capacidad resistente debe ser evaluada para las tensiones normales: compresión y tracción.

Variación de volumen

El mortero experimenta variaciones de volumen, dilataciones o contracciones, durante toda su vida útil por causas físico - químicas.

El tipo y magnitud de estas variaciones están afectados en forma importante por las condiciones ambientales existentes de humedad y temperatura y también por los componentes presentes en la atmósfera.

La variación de volumen derivada de las condiciones de humedad se denomina retracción hidráulica, y las que tienen por causa la temperatura, retracción térmica.

Por su parte, de las originadas por la composición atmosférica, la más frecuente es la producida por el anhídrido carbónico y se denomina retracción por carbonatación.

Durabilidad del mortero

Durante toda su vida útil, el mortero está permanentemente expuesto a las acciones provenientes de agentes externos e internos, que pueden afectar su durabilidad si no se les tiene debidamente en cuenta.

ESTADOS DEL MORTERO

ESTADO PLASTICO. Al principio el concreto parece una “masa”. Es blando y puede ser trabajado o moldeado en diferentes formas. Y así se conserva durante la colocación. Las propiedades más importantes del mortero plástico son la trabajabilidad.

ESTADO FRAGUADO. Después, el mortero empieza a ponerse rígido. Cuando ya no está blando, se conoce como FRAGUADO del mortero

ESTADO ENDURECIDO. Después de que concreto ha fraguado empieza a ganar resistencia y se endurece. Las propiedades del concreto endurecido son resistencia y durabilidad.

TRABAJABILIDAD. Significa qué tan fácil es: COLOCAR, y dar un ACABADO a una mezcla de concreto.

COMPONENTES

El mortero es básicamente una mezcla de dos componentes: agregado y pasta. La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une a los agregado (arena) para formar una masa semejante a una roca pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua. Los agregados generalmente en grupo: finos. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaño de partícula que pueden llegar hasta 10 mm

CEMENTO. Los cementos hidráulicos son aquellos que tienen la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua, porque reaccionan químicamente con ella para formar un material de buenas propiedades aglutinantes.

AGUA. Es el elemento que hidrata las partículas de cemento y hace que estas desarrollen sus propiedades aglutinantes.

AGREGADOS. Los agregados para el mortero pueden ser definidos como aquellos materiales inertes que poseen una resistencia propia suficiente que no perturban ni

afectan el proceso de endurecimiento del cemento hidráulico y que garantizan una adherencia con la pasta de cemento endurecida.

ADITIVOS. Se utilizan como ingredientes del concreto y, se añaden a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado, con el objeto de modificar sus propiedades para que sea más adecuada a las condiciones de trabajo o para reducir los costos de producción.

ELABORACION DE UN MORTERO Y DISEÑO DE MEZCLA

CEMENTO:

El cemento se obtiene de la pulverización del Clinker, el cual es producido por la calcinación hasta la fusión incipiente de materiales calcáreos y arcillosos.

Componentes químicos:

Silicato tricálcico, el cual le confiere su resistencia inicial e influye directamente en el calor de hidratación.

Silicato dicálcico, el cual define la resistencia a largo plazo y no tiene tanta incidencia en el calor de hidratación.

Aluminato tricálcico, es un catalizador en la reacción de los silicatos y ocasiona un fraguado violento. Para retrasar este fenómeno, es preciso añadirle y eso durante la fabricación del cemento.

Aluminio- ferrito tetracálcico, influye en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

Componentes menores: oxido de magnesio, potasio, sodio, manganeso y titanio.

Los componentes químicos principales de las materias primas para la fabricación del cemento y las proporciones generales en que intervienen son:

Tabla 1: Proporciones en componentes químicos del cemento

%	COMPONENTE QUIMICO	PROCEDENCIA USUAL
95%<	Oxido de calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Oxido de Sílice (SiO ₂)	Areniscas
	Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	Arcillas
	Oxido de Fierro (Fe ₂ O ₃)	Arcillas, Mineral de Hierro, piritita
5%<	Oxido de Magnesio,	Minerales Varios
	Sodio, potasio, titanio, azufre, fósforo Y magnesio	

Fuente: Teodoro E. (1997) Materiales en diseño de estructuras de concreto armado

Tipos de Cementos:

Tipo I, para uso general que no requiera propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo.

Tipo II, para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos.

Tipo III, para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales.

Tipo IV, para usar cuando se desea bajo calor de hidratación.

Tipo V, para usar cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

El cemento empleado para la presente tesis fue el cemento Portland tipo I por condiciones de sulfatos.

Tabla:2 Componentes químicos del cemento Pacasmayo tipo I

Componentes	Cemento Pacasmayo Tipo I
Cal Combinada : CaO	62.5%
Sílice: SiO ₂	21%
Aluminio: Al ₂ O ₃	6.5%
Hierro : Fe ₂ O ₃	2.5%
Óxido de Azufre: SO ₃	2.0%
Cal Libre: CaO	0.0%
Magnesio: MgO	2.0%
Perdida al Fuego: P.F	2.0%
Residuo Insoluble: R.I	1.0%
Álcalis: Na ₂ O + K ₂ O	0.5%

Fuente: IECA (2013) componentes y propiedades del cemento .2015

AGREGADO

AGREGADO FINO

El agregado fino es el material proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasan por el tamiz de 3/8’’ (9.51 mm) y es retenido por el tamiz N° 200. Norma Técnica Peruana 400.011.

El agregado fino utilizado para el diseño de mezcla del mortero de alta resistencia en la presente investigación, proviene de la Cantera “RUBEN”, ubicada en el Distrito chimbote - Santa.

PROPIEDADES FISICAS

El agregado fino a utilizarse en el mortero debe cumplir ciertos requisitos mínimos de calidad según las especificaciones técnicas de las Normas Técnicas Peruanas.

La determinación de estos requisitos denominadas propiedades físicas nos permitirá obtener valores que serán utilizados para los diseños de mezclas de mortero a estudiar. Las propiedades físicas a determinar son: Peso específico, peso unitario, granulometría, módulo de finura, porcentaje de finos que pasa la malla N° 200, contenido de humedad y absorción.

PESO UNITARIO.

El peso unitario del agregado, es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, el cual se expresa en kg/m³.

El peso unitario depende de ciertas condiciones intrínsecas de los agregados, tales como su forma, tamaño y granulometría, así como el contenido de humedad; también depende de factores externos como el grado de compactación impuesto, el tamaño máximo del agregado en relación con el volumen del recipiente, la forma de consolidación, etc.

PESO ESPECÍFICO.

El Peso Específico, es la relación entre el peso del material y su volumen, su diferencia con el peso unitario está en que este no toma en cuenta el volumen que ocupan los vacíos del material. Es necesario tener este valor para realizar la dosificación de la mezcla y también para verificar que el agregado corresponda al material de peso normal.

CONTENIDO DE HUMEDAD.

Es la cantidad de agua que contiene el agregado fino. Esta propiedad es importante porque de acuerdo a su valor (en porcentaje), la cantidad de agua en el concreto varía.

También se define como la diferencia entre el peso del material natural y el peso del material secado en horno (24 hrs.), dividido entre el peso natural del material, todo multiplicado por 100.

ABSORCION.

Es la capacidad del agregado fino de absorber agua en contacto con él. Al igual que el contenido de humedad, esta propiedad influye en la cantidad de agua para la relación agua/cemento en el concreto.

También se define como la diferencia en el peso del material superficialmente seco y el peso del material secado en horno (24 hrs), todo dividido entre el peso seco y todo multiplicado por 100.

GRANULOMETRIA.

La granulometría se refiere a la distribución de las partículas de arena. El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones de elementos del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados.

La norma técnica peruana establece las especificaciones granulométricas.

Antes de comenzar a realizarse cualquier estudio de las características del concreto, se tiene primero que determinar la calidad del agregado con el que se trabaja verificar si cumple los requerimientos básicos de las normas.

La calidad del concreto depende básicamente de las propiedades del mortero, en especial de la granulometría y otras características de la arena. Como no es fácil modificar la granulometría de la arena a diferencia de lo que sucede con el agregado grueso, que se puede cribar y almacenar separadamente sin dificultad, la atención principal se dirige al control de su homogeneidad.

Tabla 3: Requisitos Granulométricos

Malla	% que Pasa
3/8"	100
N° 4	95 – 100
N° 8	80 – 100
N° 16	50 – 100
N° 30	25 – 60
N° 50	10 – 30
N° 100	0

Fuente: Laboratorio de suelos USP

MODULO DE FINURA.

Es un índice aproximado y representa el tamaño promedio de las partículas de la muestra de arena, se usa para controlar la uniformidad de los agregados. La norma establece que la arena debe tener un Módulo de Fineza no menos a 2.35 ni mayor a 3.15. Se calcula como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en la mallas N°4, 8, 16, 30, 50, 100 dividido entre 100.

En la apreciación del Módulo de Finura, se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducen segregación y las que se encuentran entre 2.8 y 3.2 son las más favorables para los concretos de alta resistencia.

SUPERFICIE ESPECÍFICA.

Es la suma de las áreas superficiales de las partículas del agregado por unidad de peso, para su determinación se consideran dos hipótesis que son: que todas las partículas son esféricas y que el tamaño medio de las partículas que pasan por un tamiz y quedan retenidas en el otro es igual al promedio de las partículas.

Material más fino que pasa la malla N° 200

Consiste en determinar la cantidad de materiales finos que se pueden presentar en el agregado, en forma de revenimiento superficial o en forma de partículas sueltas.

El material muy fino, constituido por arcilla y limo, se presenta recubriendo el agregado grueso, o mezclando con la arena.

En el primer caso, afecta la adherencia del agregado y la pasta, en el segundo, incrementa los requerimientos de agua de mezcla

AGUA PARA EL MORTERO

El agua es el elemento indispensable para la hidratación del cemento y del desarrollo de sus propiedades (curado). Por lo tanto debe cumplir con ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales si tienen ciertas sustancias que puedan dañar al concreto. Debe cumplir con las normas ASTM.

Está prohibido el uso de aguas ácidas, calcáreas, minerales ya sea carbonatadas o minerales; aguas provenientes de minas, aguas que contengan residuos industriales, agua con contenido de sulfatos mayores al 1%, aguas que contengan algas, materia orgánica, humus o descargas de desagües, agua que contenga azúcares o sus derivados.

Igualmente aquellas aguas que contengan porcentajes significativos de sales de sodio o de potasio disueltas, en todos aquellos casos en que la relación álcali – agregado es posible.

Tabla 4: requisitos para agua de mezcla – ntp 339.088

DESCRIPCION	LIMITE PERMISIBLE
Cloruros	300 ppm.
Sulfatos	300 ppm.
Sales de Magnesio	150 ppm.
Sales Solubles Totales	1500 ppm.
Ph	Mayor de 7
Sólidos en Suspensión	1500 ppm.
Materia Orgánica	10 Pm

Fuente: agregado. Análisis granulométrico del agregado grueso

ARCILLA

Es un suelo o roca sedimentaria constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de rocas que contienen feldespato, como el granito. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, desde el rojo anaranjado hasta el blanco cuando es pura.

Arcilla del período cuaternario (400.000 años)

Físicamente se considera un coloide, de partículas extremadamente pequeñas y superficie lisa. El diámetro de las partículas de la arcilla es inferior a 0,002 mm. En la fracción textural arcilla puede haber partículas no minerales, los fitolitos. Químicamente es un silicato hidratado de alúmina, cuya fórmula es: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O$.

Se caracteriza por adquirir plasticidad al ser mezclada con agua, y también sonoridad y dureza al calentarla por encima de 800 °C. La arcilla endurecida mediante la acción

del fuego fue la primera cerámica elaborada por los seres humanos, y aún es uno de los materiales más baratos y de uso más amplio. Ladrillos, utensilios de cocina, objetos de arte e incluso instrumentos musicales como la ocarina son elaborados con arcilla. También se la utiliza en muchos procesos industriales, tales como en la elaboración de papel, producción de cemento y procesos químicos.

La superficie específica o área superficial de una arcilla se define como el área de la superficie externa más el área de la superficie interna (en el caso de que esta exista) de las partículas constituyentes, por unidad de masa, expresada en m^2/g .

Las arcillas poseen una elevada superficie específica, muy importante para ciertos usos industriales en los que la interacción sólido-fluido depende directamente de esta propiedad.

A continuación se muestran algunos ejemplos de superficies específicas de arcillas:

Caolinita de elevada cristalinidad hasta $15 \text{ m}^2/\text{g}$

Caolinita de baja cristalinidad hasta $50 \text{ m}^2/\text{g}$

Halloisita hasta $60 \text{ m}^2/\text{g}$

Illita hasta $50 \text{ m}^2/\text{g}$

Montmorillonita $80\text{-}300 \text{ m}^2/\text{g}$

Sepiolita $100\text{-}240 \text{ m}^2/\text{g}$

Paligorskita $100\text{-}200 \text{ m}^2/\text{g}$

CLASIFICACION

Arcilla primaria: se utiliza esta denominación cuando el yacimiento donde se encuentra es el mismo lugar en donde se originó. El caolín es la única arcilla primaria conocida.

Arcillas secundarias: son las que se han desplazado después de su formación, por fuerzas físicas o químicas. Se encuentran entre ellas el caolín secundario, la arcilla refractaria, la arcilla de bola, el barro de superficie y el gres.

Si atendemos a la estructura de sus componentes, se distinguen las arcillas filitenses y las arcillas fibrosas.

También se pueden distinguir las arcillas de acuerdo a su plasticidad. Existen así las arcillas plásticas (como la caolinítica) y las poco plásticas (como la esméctica, que absorbe las grasas).

Por último, hay también las arcillas calcáreas, la arcilla con bloques (arcilla, grava y bloques de piedra de las morrenas), la arcilla de descalcificación y las arcillitas (esquistos arcillosos)

ARCILLAS ACTIVADAS

Es la reacción química a la que es sometida la arcilla mediante diferentes procesos, con la finalidad de obtener una composición adecuada a la necesidad ya sea industrial, constructora u otras actividades.

Las arcillas clarificantes activas por naturaleza han sido usadas desde alrededor de 1880. Las arcillas de sílice, como la bentonita, pueden transformarse en arcillas clarificantes altamente activadas mediante un tratamiento con ácidos. Con los años, el uso original de las arcillas como agentes decolorantes empleados en la clarificación de aceites de color oscuro se ha transformado significativamente gracias a las tecnologías modernas. Las arcillas clarificantes se han convertido en arcillas absorbentes, y aunadas a su capacidad de adsorción de componentes de color y otras impurezas no deseadas en los aceites, su característica ácida y catalítica, así como su capacidad de intercambio iónico, son propiedades de gran importancia.

PASOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLA

- 1.-Estudiar cuidadosamente los requisitos indicados en el proyecto
- 2.- Seleccionar la relación agua-cemento requerida para obtener la resistencia deseada.

- 3.-Determinar las proporciones relativas de los agregados fino. La selección de la cantidad de ello en la unidad cubica de concreto está condicionada al procedimiento de diseño seleccionado.
- 4.-Determinar, empleando el método de diseño seleccionado, las proporciones de la mezcla, considerando que el agregado está en estado seco y que el volumen unitario de agua no ha sido corregido por humedad del agregado.
- 5.-Corregir dichas proporciones en función del porcentaje de absorción y el contenido de humedad de los agregado fino.
- 6.-Ajustar las proporciones seleccionadas de acuerdo a los resultados de los ensayos de la mezcla realizados en el laboratorio.
- 7.-Ajustar las proporciones finales de acuerdo a los resultados de los ensayos realizados.

Resistencia al mortero

La resistencia de los morteros se desarrolla principalmente por la hidratación del cemento, la estructura que se logra, integrada por los granos de arena rodeados por la pasta de cemento endurece poco a poco convirtiéndose con el tiempo en una piedra artificial. Los investigadores han llegado a correlacionar de manera exhaustiva la resistencia del mortero con la relación por peso entre el agua y el cemento, esta relación se denota a/c . La siguiente figura muestra la correlación entre ambos, y como a manera que aumenta la relación agua/cemento, disminuye la resistencia del mortero:

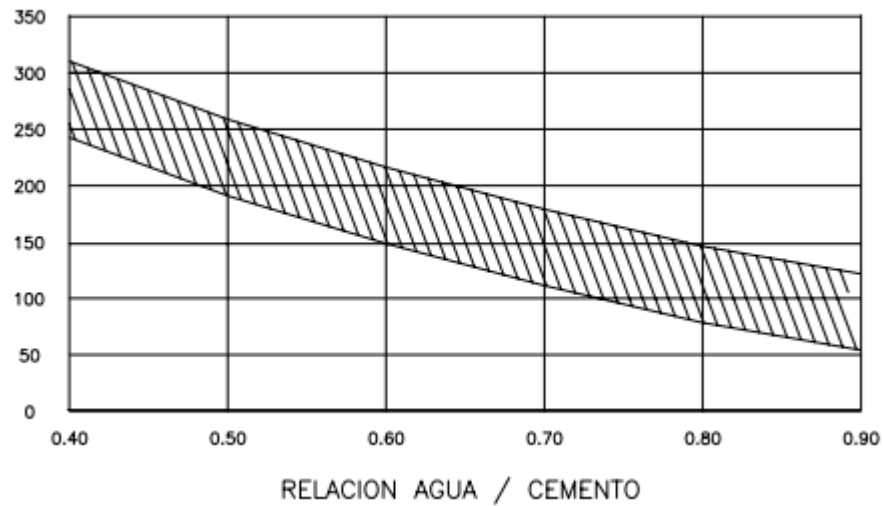


Figura 2: Relación agua y cemento
Fuente: concreto simple ing. Gerardo A. Rivera

La resistencia de los morteros se correlaciona también con otras propiedades en estado endurecido como son: la densidad, la permeabilidad, la contracción por secado, el módulo de elasticidad, la capacidad de flexión, expresada por medio del módulo de ruptura resultado de ensayar vigas de mortero apoyadas libremente y con carga en el centro de la luz, y la adherencia. De entre estas pruebas resulta especialmente ilustrativa para el caso de mamposterías de tabique la prueba para evaluar la capacidad de adherencia de los morteros.

Tabla 5: clasificacion del mortero según el valor de resistencia

Morteros de cemento y arena					
Tipo de mortero	proporción en volumen		kg cemento por m3 de mortero	Empleo preferente	Resistencia kg/ cm2
	cemento	Arena			
Ricos	1	1	800	bruñidos y revoques	160
	1	2	600	enlucidos, revoques de zócalos	
	1	3	450	bóvedas tabicadas, muros muy cargados, enlucidos de pavimento	
ordinarios	1	4	380	bóvedas de escalera , tabiques de rasilla	130
	1	5	300	muros cargados , fábrica de ladrillos, enfoscados	98
pobres	1	6	250	fabricas cargadas	75
	1	8	200	muros sin carga	50
	1	10	170	rellenos para solado	30

fuelle: Diseño de morteros . catedra de ingenieria rural

Anteriormente se muestra una tabla en donde se clasifica el mortero por formas de empleo según sea el valor de su resistencia a la compresión.

No se efectúan pruebas de resistencia en pasta de cemento puro, debido a las dificultades experimentales del moldeo, que originarían una gran variación en los resultados. Para determinar la resistencia del cemento se utilizan morteros, es decir, mezcla de agua, cemento y agregado fino; de proporciones determinadas, hechos con materiales específicos en condiciones estrictamente controladas.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

En este proyecto se realizó el ensayo planteado en las normas de INVIAS del año 2007. El agregado fino utilizado debe tener la siguiente gradación:

Tamiz	% acumulado retenido
149 u (n° 100)	98+- 2
297 u (n° 50)	75+-2
595 u (n° 30)	2+-2
1.19mm (n° 16)	0

Dado que se siguió la norma INVIAS, aquí se encuentra unos valores mínimos de resistencia para concreto tipo 1 a unas edades determinadas:

Tipos de cemento	Resistencia ala compresión mínima (Mpa)			
	1 día	3 días	7 días	28 días
1 normal	-	12	19	28

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

La resistencia a la flexión se realiza con la elaboración de unas viguetas que serán cargadas en el centro de la luz para conocer la carga máxima permisible. La norma INV no establece unos límites para el valor de esta resistencia, su importancia se eleva en el hormigón para pavimentos rígidos.

RESISTENCIA A LA TENSIÓN

Bien es sabido que el mortero resiste bajas cargas a tensión, por lo cual este valor no tiene mayor trascendencia ya que en los diseños estructurales, siempre se asume que el hormigón o mortero estará trabajando a compresión o incluso flexión si fuera el caso, aunque adquiere importancia en el agrietamiento de las mezclas luego del proceso de secado. Por fines académicos, se hizo una estimación sobre las briquetas realizadas.

Tabla 6: Proporciones al tipo de obra

Mortero	Usos
1:1	Mortero muy rico para impermeabilizaciones. Rellenos
1:2	para impermeabilizaciones y pañetes de tanques subterráneos Rellenos
1:3	Impermeabilizaciones menores. Pisos
1:4	Pega para ladrillos en muros y baldosines. Pañetes finos
1:6 y 1:7	Pañetes exteriores. Pega de ladrillos y mampostería en general pañetes no muy finos
1:8 y 1:9	Pegas para construcciones que se van a demoler pronto. Estabilización de taludes en cimentaciones

fuente: Diseño de morteros. catedra de ingeniería rural

PROCEDIMIENTO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (INV E-323)

Se deben retirar los cubos y ensayar inmediatamente. El tiempo límite para la prueba varía de acuerdo a la edad del ensayo: 24 horas \pm 0.5 horas, 3 días \pm 1 hora, 7 días \pm 3 horas, 28 días \pm 12 horas.

Los cubos se deben secar y limpiar de incrustaciones de arena en las caras que van a estar en contacto con la superficie de la máquina. Se comprueba con una regla que las caras están totalmente planas, en caso contrario se liman hasta conseguirlo pero si no se logra, se deberá rechazar el espécimen.

Se coloca cuidadosamente cada cubo debajo del centro de la parte superior de la máquina. Se enciende y se empieza a bajar el aparato hasta que apenas toque el cubo, de tal manera que este no se pueda girar con la mano.

Se pone en ceros la máquina y se empieza a aplicar carga de 900 o 1800N/s hasta que la máquina marque la carga máxima, es decir cuando el cubo falló.

Se anota la carga máxima aplicada, luego la resistencia a la compresión será:

$$f_m = \frac{P}{A}$$

Valores que difieran en más de 8.7% (para 3 cubos ensayados por edad) o 7.6% (para dos cubos por edad) con respecto al promedio, se rechazan.

Según la investigación la variable dependiente es:

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Resistencia del mortero	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. (Juárez E. 2005).	Es el esfuerzo máximo que puede soportar una probeta de mortero bajo una carga ; y que considera los siguientes aspectos	Kg/cm2

Y la variable independiente es:

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Aplicación de Arcilla	Sustitución de un porcentaje de cemento por arcilla natural activada” en el diseño de mortero	Porcentaje 10% y 15%

HIPÓTESIS

La sustitución del cemento por un 10% y 15% de arcilla de Cuscuden incrementa la resistencia a la compresión de un mortero

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar la resistencia a la compresión de mortero, sustituyendo al cemento un 10% y 15% de arcilla de Cuscuden- San Pablo (Cajamarca)

OBJETIVOS ESPECÍFICO

- Determinar los Límites de Attemberg de la arcilla de Cuscuden.
- Determinar el análisis térmico diferencial de la arcilla de cuscuden
- Activación térmica y determinación de la composición química de la arcilla de Cuscuden por Fluorescencia Rayos X.
- Determinar la alcalinidad del cemento, la arcilla activada y la mezcla de éstas.
- Determinar la relación Agua-Cemento y fluidez para el mortero patrón del experimental al 10% y 15% de sustitución del cemento y medir su resistencia a la compresión

II). METODOLOGIA

En la formulación de la presente tesis el tipo de investigación utilizado es Aplicada, porque la investigación está orientada a lograr un nuevo conocimiento destinado a procurar soluciones a fin de conocer el efecto de la sustitución del cemento en un 10% y 15% de arcilla de Cuscuden en la resistencia a la compresión de un mortero.




























En coherencia con el fin de la ciencia.

Explicativa porque los datos de la investigación serán obtenidos por observación de fenómenos condicionados por el investigador. Se utiliza la experimentación.

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

Es un diseño experimental porque es un proceso en el cual estudiaremos el diseño convencional del mortero en comparación con el nuevo diseño elaborado con el remplazo o sustitución de un porcentaje de cemento por arcilla activada, el estudio en su mayor parte se concentrará en las pruebas realizadas en el Laboratorio de Suelos, donde el investigador estará en contacto con los ensayos a realizar obteniendo resultados de acuerdo a lo planeado en sus objetivos. Siendo su diseño de investigación el siguiente:

DISEÑO DE BLOQUE COMPLETO AL AZAR.

Días de Curado	RESISTENCIA A COMPRESION DE MORTERO SUSTITUYENDO CON ARCILLA DE CUSCUDEN- CAJAMARCA		
	Patrón	10%	15%
3			
			
			
7			
			
			
28			
			
			

Fuente: Propio

POBLACIÓN Y MUESTRA

Para esta investigación se tiene como población de estudio al conjunto de cubos de diseño de mortero según el estándar de construcción establecido.

La muestra está constituido por 18 cubos de mortero. 9 cubos para 0% de sustitución, 9 cubos para 10% de sustitución, 9 cubos para 15% de sustitución. (Según Reglamento Nacional de Edificaciones, 2007).

Para la elaboración de las unidades de estudio (morteros) se utilizaron las siguientes referencias:

La Arcilla se extrajo de Cuscuden- Cajamarca

La arena gruesa para el diseño de cubos de mortero se compró en la cantera Ruben

El material será llevado en sacos de polietileno al laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

TECNICA	INSTRUMENTO
	Guía de observación Resumen.
Observación	Fichas técnicas del laboratorio de las pruebas a realizar.

Se aplicó como técnica la observación ya que la percepción del material debe ser registrada en forma cuidadosa y experta. Todo lo observado se debe poner por escrito lo antes posible, cuando no se puede tomar notas en el mismo momento. Para esto utilizaremos como instrumento una guía de observación resumen porque nos permitirá elaborar sistemas de organización y clasificación de la información de los diversos ensayos y de la resistencia a la compresión (ver anexos).

RECOLECCION, PROCESO Y ANALISIS DE DATOS

La arcilla se recolecto desde el pueblo de Cuscuden – (la tranca) perteneciente al distrito de San Pablo, provincia de Cajamarca y departamento de Cajamarca, debido a la abundancia del material en dicho poblado (ver foto 1-2), la arcilla se recolecto del yacimiento (ver foto 3).

Luego fue almacenado en sacos y trasladado a la universidad San Pedro para luego ser lavadas (ver foto 4 y 5) y secadas por 7 días en moldes de latas (ver foto 6-7-8).

Luego fue almacenado en un balde de plástico (ver foto 15) para ser trasladada a ser calcinada a temperatura controlada en la universidad nacional de Trujillo en el laboratorio de metalurgia de la escuela de ingeniería metalúrgica (ver foto 16)

DETERMINACION DE LOS LIMITES DE ATTERBERG

La arcilla secada fue triturada y pasado por la malla 200, se usó 600 gr de arcilla los ensayos de limite líquido y plástico (ver foto 9-10). Los límites de Atterberg son ensayos de laboratorio normalizados que permiten obtener los límites del rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene en estado plástico. Con ellos, es posible clasificar el suelo en la Clasificación Unificada de Suelos.

Luego se procede al ensayo del limite líquido (ver foto 11-12-13), y limite plástico (ver foto 14)

Límite líquido (ll)

Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido de humedad el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso.

Límite plástico (LP).

Es el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como material no plástico. Es la frontera convencional entre los estados semisólido y plástico.

DETERMINACION DE ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL DE LA ARCILLA DE CUSCUDEN

Un análisis térmico comprende el estudio de la evolución de las propiedades de una muestra o compuesto cuando es sometida a un calentamiento a altas temperaturas.

ACTIVACION TERMICA Y MECANICA: CALCINACION DE LA ARCILLA

La arcilla fue colocada en recipiente refractorios, y sometido a la temperatura de 540°C por un periodo de 2 hora dentro de la cámara de incineración de una mufla, luego se dejó enfriar por espacio de 1 hora para luego ser molido y pasado por la malla 200 para sus respectivos ensayos de ph, fluorescencia y la cantidad necesaria para las diferentes dosis de aplicación al cemento. (ver foto 15-16)

ENSAYO DE PH-NEUTRO: El pH-metro es un dispositivo electrónico que sirve para medir la acidez de una disolución, en unas unidades llamadas pH

Para el ensayo de ph de necesito un 1gr de arcilla activada , 1 gr de cemento tipo I y la combinación de estas cemento tipo I: + 10% de arcilla activada de Cuscuden = 1gr y tipo I: + 15% de arcilla activada de Cuscuden = 1gr (ver foto 17) el ensayo se realizó en Nvo. Chimbote en el laboratorio policlínico rivera y UNT

ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

La técnica de fluorescencia de rayos X (XRF) se utiliza para determinar concentraciones de elementos químicos en diversos tipos de muestras

El ensayo se hizo en la universidad nacional de ingeniería (UNI) en el laboratorio Labicer (ver foto18-19)

VACIADO DE MORTERO EN PROBETAS

Utilizando la Norma Técnica Peruana 334.051 (2013).

Se procedió a la selección de las cantidades de los materiales usados para la mezcla de mortero, se calcularon las cantidades de cada componente que conforman la mezcla de mortero teniendo en cuenta la relación arena/ cemento de 2.75 como indica la NTP; así como la relación agua/cemento para todos los cementos portland debe ser de 0.485.Finalmente se comparan las resistencias de los morteros experimentales con las

resistencias de los morteros patrón y de esta comparación se obtendrá un estimado del grado de activación cementante que han adquirido la arcilla de Cuscuden (Cajamarca)

Tabla 11: cantidades de material

Materiales	N° Especímenes	
	3 cubos	6 cubos
Cemento, gr	250	500
Arena, gr	687.5	1375
agua, gr	121.25	242

Fuente: NTP 334.051

Procedimiento para la mezcla de morteros según la norma ASTM C 305

Se colocó la paleta mezcladora y el recipiente de mezclado secos en su posición de trabajo en la mezcladora. Luego se introdujeron los materiales para una amasada en el recipiente y se mezclaron en la siguiente forma:

- ✓ Se vertió toda el agua de mezclado en el recipiente.
- ✓ Se agregó el cemento al agua y se mezcla durante 30s a la velocidad lenta (140 ± 5 r/min)
- ✓ Se agregó lentamente la totalidad de la arena en un periodo de 30s, mientras se mezcla a velocidad lenta.
- ✓ Se detuvo la mezcladora, se cambia a velocidad media (285 ± 10 r/min) y se mezcló durante 30s.
- ✓ Se detuvo la mezcladora y se dejó reposar el mortero durante 90s. Durante los primeros 15s de este intervalo, se arrastró hacia el fondo con el raspador, el mortero adherido a la pared del recipiente. Durante el resto del intervalo, se tapó el recipiente.

- ✓ Se mezcló durante 60s a velocidad media (285 ± 10 r/min). (ver foto20)

Procedimiento para la realización de especímenes de ensayo.

- ✓ Se completó la consolidación del mortero en los moldes por un apisonado manual.
- ✓ Apisonado Manual - Se Comenzó a moldear los especímenes dentro de un tiempo total no mayor de 2 min y 30 s después de completar la mezcla inicial de la amasada del mortero.
- ✓ Se colocó una capa de mortero de alrededor de 25 mm (1pulg) (aproximadamente la mitad de la profundidad del molde) en todos los compartimientos del cubo. Se apisono el mortero en cada compartimiento cúbico 32 veces en aproximadamente 10 s en 4 rondas, cada ronda en ángulos rectos respecto a las otras y consistió en ocho golpes adjuntos sobre la superficie del espécimen, siendo justo la suficiente para asegurar el llenado uniforme de los moldes. Las 4 rondas de apisonado (32 golpes) del mortero fueron completadas en un cubo antes de seguir con el próximo. Cuando el apisonado de la primera capa en todos los compartimientos cúbicos se ha completo, se llenaron los compartimientos con el mortero restante y luego se apisono como se especificó para la primera capa. (ver foto 20,21,22,23)
- ✓ Durante el apisonado de la segunda capa, se introdujo al molde, el mortero forzado hacia fuera sobre la parte superior de los moldes después de cada ronda de apisonado con los dedos usando el apisonador hasta completar cada ronda y antes de comenzar la siguiente ronda de apisonamiento. Al completar el apisonado, la parte superior de todos los cubos se extendió levemente por encima de las partes superiores de los moldes. Se introdujo el mortero que haya sido forzado hacia fuera por sobre las partes superiores de los moldes. El mortero que haya sido hacia fuera por sobre las partes superiores de los moldes con una llana con hoja de acero y se suavizó los cubos pasando el lado plano de la llana con hoja de acero (con el borde levemente levantado) una vez, a través de la parte superior de cada cubo en ángulos rectos a la longitud del molde. Luego para nivelar el mortero y hacer el mortero que sobresale por encima de la parte superior del molde de un espesor

más uniforme, se pasó el lado plano de la paleta con hoja de acero (con el borde levemente levantado) una vez a lo largo de la longitud del molde. Se cortó el mortero a una superficie plana a nivel con la parte superior del molde, pasando el canto recto de la espátula (sostenida casi perpendicular al molde) con un movimiento de aserrado sobre la longitud del molde.

- ✓ Luego de cada proceso de apisonado se realizó el vibrado manual de mortero.

Procedimiento para la fluidez de morteros de cemento hidráulico según norma ASTM C 230.

- ✓ Llenado del Molde—Se limpió y se secó la plataforma de la mesa de flujo, se colocó el molde en el centro, se vertió en el molde una capa del mortero que se requirió ensayar, de unos 25 mm (1") de espesor, y se apisonó con 20 golpes del compactador, uniformemente distribuidos. Con una segunda capa de mortero, se llenó totalmente el molde y se apisono como la primera capa. La presión del compactador fue la suficiente que aseguró el llenado uniforme del molde. Se retiró el exceso de mortero de la capa superior y se alisó la superficie por medio de un palustre.
- ✓ Ensayo—Una vez el molde se encontró lleno, se limpió y se seca la plataforma de la mesa, teniendo cuidado de secar el agua que está alrededor de la base del molde. Después de un (1) minuto de terminada la operación de mezclado, se retiró el molde, levantándolo e inmediatamente se deja caer la mesa de flujo desde una altura de 12.7 mm (½") 25 veces en 15 segundos. Luego se midió el diámetro de la base de la muestra, por lo menos en cuatro puntos equidistantes y se calculó el diámetro promedio. (ver foto 24)
- ✓ Resultados—La fluidez es el aumento del diámetro de la muestra, expresado como un porcentaje del diámetro de la base mayor del molde, determinado según la siguiente fórmula:

$$\% FLUIDEZ = \frac{\text{diámetro promedio}(cm) - 10.16cm}{10.16 cm} * 100$$

DESENCOFRADO DE MORTEROS ALAS 24 HORAS. PONER A CURAR

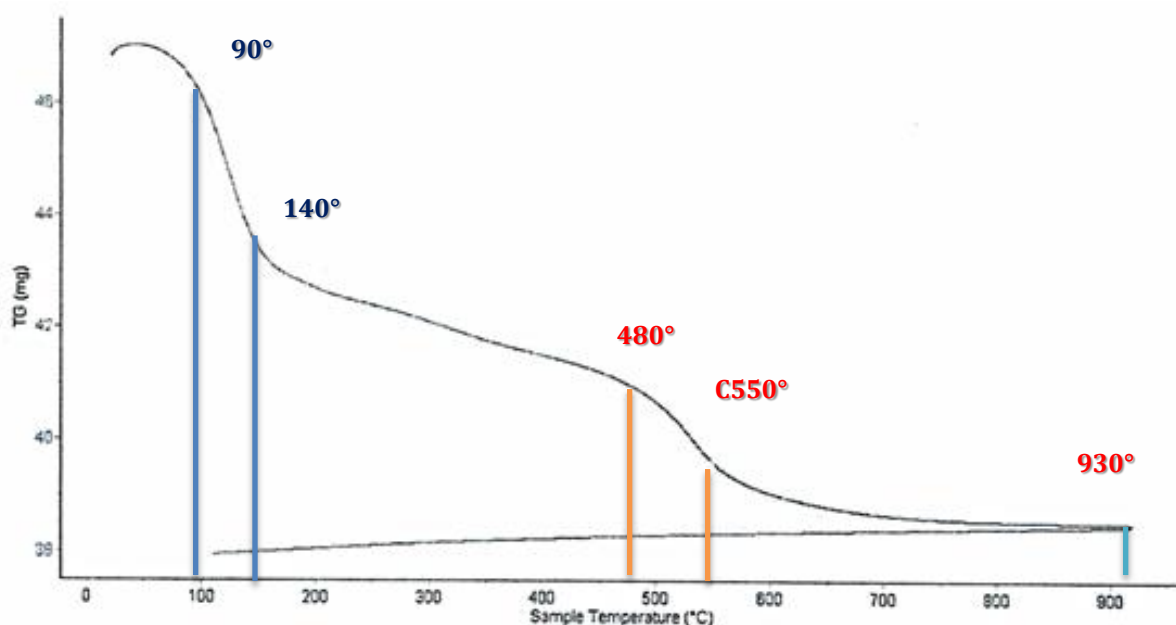
- ✓ Se desencofro a las 24 horas de vaciado del mortero(ver foto 25-26)
- ✓ Se empezó a desencofrar cada uno de los moldes de mortero (ver foto 25-26)
- ✓ Se pesó y sepuso a curar con agua (ver foto 27-28)

Una vez recolectada nuestra información mediante el método de la experimentación procedemos a procesar los datos con los programas Excel y SPSS.

III). RESULTADOS

Análisis térmico diferencial ATD.

De la muestra obtenida de la arcilla se realizó el secado, tamizado, triturado en mortero y pasado por la malla N° 200 a un gramo, para poder realizar el análisis térmico diferencial en el laboratorio de polímeros de la universidad nacional de Trujillo.

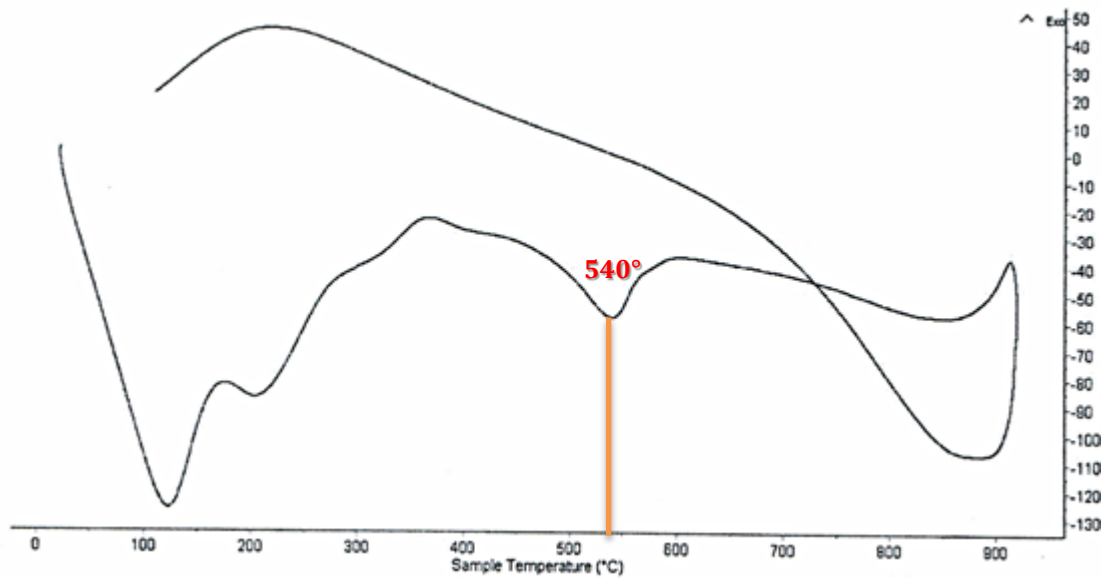


Fuente: Laboratorio de polímeros de la UNT

Gráfico n° 01: curva de pérdida de masa- análisis termo gravimétrico de la arcilla

En la gráfica se puede apreciar dos importantes pérdidas de masa el primero alrededor de los 90° C hasta 140° C ya que se da la pérdida de agua debido a la evaporación de la misma, luego se mantiene casi constante y la segunda en torno a 480° C hasta 550°C y desde ahí se da una pérdida de masa más lenta hasta 930 ° C.

En todo el rango de temperatura analizado pierde un aproximado del 23% de su masa inicial.



Fuente: Laboratorio de polímeros de la UNT

Gráfico n° 02: curva calorimétrica dsc de la arcilla

La curva muestra un pico endotérmico aproximadamente a 120°C, y una pequeña región endotérmica entre 180° y 230° lo cual indica está absorbiendo calor y produciendo un cambio en la capacidad calorífica manifestándose en calentamiento como consecuencia de esto se producirá evaporación y una transición endotérmica alrededor de los 540° C, donde descarga energía y se produce un proceso de oxidación. Tomaré como valor referencial para la calcinación del material a 540° C a un tiempo de 2 horas.

ANALISIS DE LOS MATERIALES DEL MORTERO

Arena

Los componentes del agregado fino conformado por arena de la cantera “RUBEN” se analizó en los siguientes parámetros: peso específico, peso unitario suelto, peso unitario compactado, contenido de humedad, absorción, y módulo de fineza. Los valores de estos parámetros se indican a continuación en la tabla 12, los análisis y certificados por el laboratorio de suelos aparecen en el ANEXO.

TABLA 12: Propiedades de la arena.

PROPIEDADES	VALORES
Peso específico de masa	2.80
Peso unitario suelto	1607 kg/m ³
Peso unitario compactado	1792 kg/m ³
Contenido de humedad	0.61 %
Absorción	0.84 %
Módulo de fineza	2.60

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, USP

Cemento

Las características y propiedades del cemento portland están íntimamente ligadas a su composición química y a su constitución potencial. La primera se determina por análisis y vienen expresada en forma de óxidos. Una composición química típica del Clinker de un cemento es la siguiente:

TABLA 13: Composición química del cemento

Componentes	Cemento Pacasmayo Tipo I
Calcio combinada CaO	62.5%
Sílice SiO_2	21%
Alúmina Al_2O_3	6.5%
Hierro Fe_2O_3	2.5%
Azufre: SO_3	2%
Cal libre CaO	0 %
Magnesio: MgO	2. %
Perdida por Calcinación: P.C	2%
Residuo Insoluble: R.I	0.68%
Álcalis: Na_2O	0.0.5%

Fuente: Pasquel E. Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú

Los cuatro primeros componentes son los principales del cemento básico la cal y de carácter ácido los otros tres.

DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO PATRON Y EXPERIMENTAL

De acuerdo a la norma técnica peruana NTP 399.607 uno de los requisitos para el diseño de mortero, es la gradación.

Gradación

Proceso de la arena para separar las partículas de acuerdo al número de mallas establecidas.

En este caso se hizo el cálculo de arena gradada para 3 cubos de mortero.

Tabla n° 14: requisitos físicos de gradación para 3 cubos de mortero.

N° MALLAS	ARENA MANUFACTURADA			NTP. MORTEROS %	
	PESOS	%	% PASA	PASA	
	RETENIDO	RETENIDO		ARENA	MANUFACTURADA
# 4	0	0	100	100	
# 8	27.5	4	96	95	100
# 16	158.11	23	73	70	100
# 30	165	24	49	40	75
# 50	76.63	11	38	20	40
# 100	96.25	14	24	10	25
# 200	115.88	17	7	0	10
PLATO	48.13	7	-	-	-
TOTAL	687.5				

Fuente: propia

CÁLCULO DE LA FLUIDEZ MORTERO PATRÓN Y EXPERIMENTAL.

Tabla n° 15: fluidez del mortero patrón y experimental

Descripción	Relación	D (cm)	Diámetros (cm)				Diámetro Promedio (cm)	%Flujo
			D1	D2	D3	D4		
Patrón	0.485	10.16	12.8	12.3	11.1	12.4	12.15	19.58
Experimental 10%	0.485	10.16	12.1	11.9	12.3	12.1	12.10	19.09
Experimental 15%	0.485	10.16	12.1	12.7	12.5	11.5	12.20	20.07

Fuente: Propia

PROPORCIÓN DE MATERIALES PARA ELABORACIÓN DE MORTERO PATRON.

Se realizó el cálculo para 3 especímenes de cubos de mortero que es equivalente a un molde, así como también para los restantes. En total fueron 9 cubos de mortero patrón.

Cemento: 250.0 gr

Arena : 687.5 gr

Agua : 121.50 gr

DOSIFICACION:

1: 2.75: 0.485

PROPORCIONES EN PESOS DEL MORTERO EMPERIMENTAL A UNA SUSTITUCION DEL 10% DE ARCILLA

Se realizó el cálculo para 3 especímenes de cubos de mortero que es equivalente a un molde, así como también para los restantes. En total fueron 9 cubos de mortero experimental.

Cemento : 225 gr

Arena : 687.5 gr

Agua : 121.50 gr

Arcilla 10% : 25 gr

PROPORCIONES EN PESOS DEL MORTERO EMPERIMENTAL A UNA SUSTITUCION DEL 15% DE ARCILLA

Se realizó el cálculo para 3 especímenes de cubos de mortero que es equivalente a un molde, así como también para los restantes. En total fueron 9 cubos de mortero experimental.

Cemento : 212.5 gr

Arena : 687.5 gr

Agua : 121.50 gr

Arcilla 15% : 37.5gr

ANALISIS DE ALCALINIDAD DE LOS MATERIALES

El motivo de medir el pH de los materiales es porque el cemento portland tipo I presenta un alto contenido de alcalinidad de 12.4, por esta razón se procedió a medir el

pH de la arcilla, así como el pH del compuesto 10% y 15% de arcilla. Los resultados se muestran en la tabla 16.

TABLA 16: pH de los materiales suplementarios del cemento

MATERIAL	PH
Cemento	12.72
Arcilla activada de cuscuden	7.1
90% Cemento + 10% arcilla	12
85% Cemento + 15% arcilla	12

Fuente: Laboratorio de ensayos clínica “RIVERA” Y “UNT”

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A COMPRESION DE MORTERO PATRON Y EXPERIMENTAL

Tabla 17: ensayo de resistencia a la compresión (kg/cm²)_Obtenidas según mortero patron

PATRON	EDAD (días)		
	3	7	28
P-1	283.00	338.97	372.20
P-2	270.97	335.35	401.32
P-3	297.32	376.98	388.38
PROMEDIO	284	350	387

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio de Mec. De suelos de la Univ. San Pedro

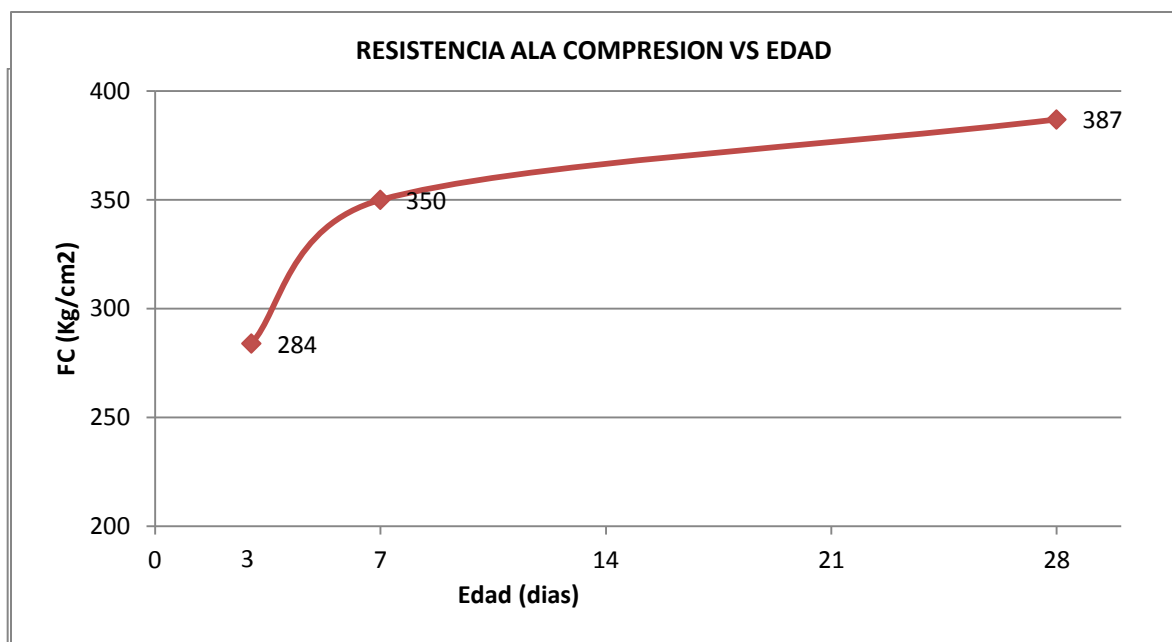


Grafico n° 3: resistencia a la compresión

Fuente: propio

INTERPRETACION: De los resultados obtenidos del Ensayo a la Compresión, se registra que a los 3 días se alcanzó una resistencia promedio de 284 kg/cm², a los 7 días 350 kg/cm² y a los 28 días 387 kg/cm².

En conclusión, se obtuvieron buenos resultados en los ensayos a la compresión de los morteros patrón

tabla 18: ensayo de resistencia a la compresión (kg/cm²) obtenidas según mortero con sustitución de arcilla 10%

EXPERIMENTAL	EDAD (días)		
	3	7	28
P-1	283.23	311.33	391.77
P-2	294.46	294.62	378.88
P-3	282.20	326.94	382.82
PROMEDIO	286	311	385

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio de Mec. De suelos de la Univ. San Pedro

INTERPRETACION: De los resultados obtenidos del Ensayo a la Compresión, se registra que a los 3 días se alcanzó una resistencia promedio de 286 kg/cm², a los 7 días 311 kg/cm² y a los 28 días 385 kg/cm².

En conclusión, los morteros experimentales no superaron a los morteros patrón.

Se puede apreciar, que los morteros experimentales tienen un comportamiento puzolanico porque su resistencia va en aumento conforme pasan los días de curado.

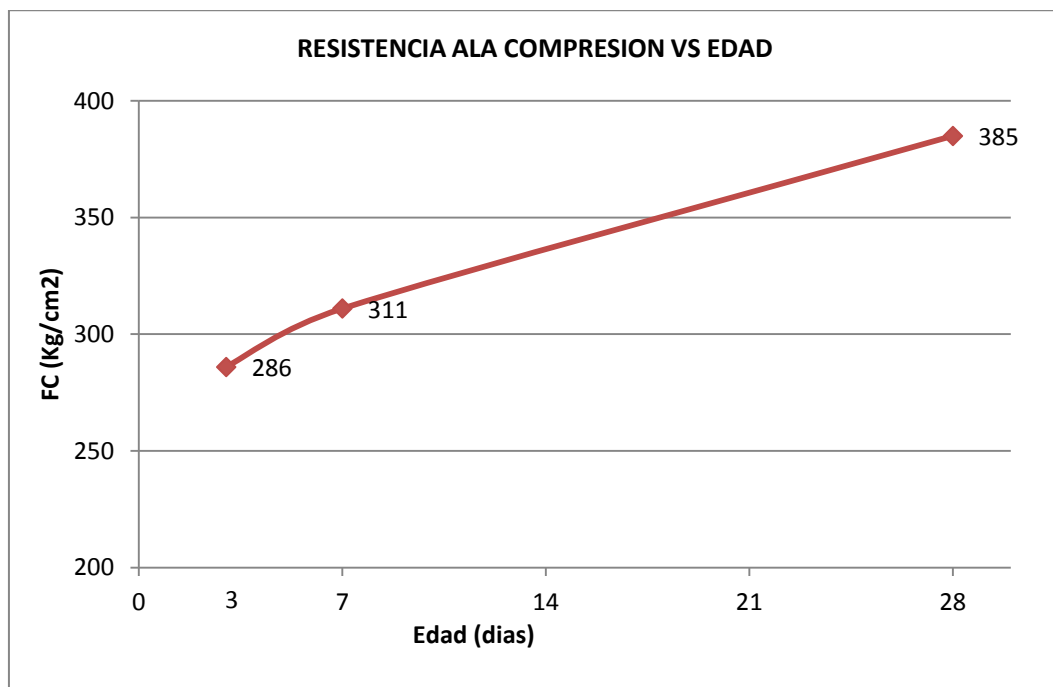


Grafico n° 4: resistencia a la compresión

Fuente: propio

tabla 19: ensayo de resistencia a la compresión (kg/cm²) obtenidas según mortero con sustitución de arcilla 15%

EXPERIMENTAL	EDAD (días)		
	3	7	28
P-1	279.06	305.43	382.62
P-2	269.58	290.10	367.30
P-3	265.36	298.59	376.37
PROMEDIO	271	298	376

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio de Mec. De suelos de la Univ. San Pedro

INTERPRETACION: De los resultados obtenidos del Ensayo a la Compresión, se registra que a los 3 días se alcanzó una resistencia promedio de 271 kg/cm², a los 7 días 298 kg/cm² y a los 28 días 376 kg/cm².

En conclusión, los morteros experimentales no superaron a los morteros patrón.

Se puede apreciar, que los morteros experimentales tienen un comportamiento puzolanico porque su resistencia va en aumento conforme pasan los días de curado.

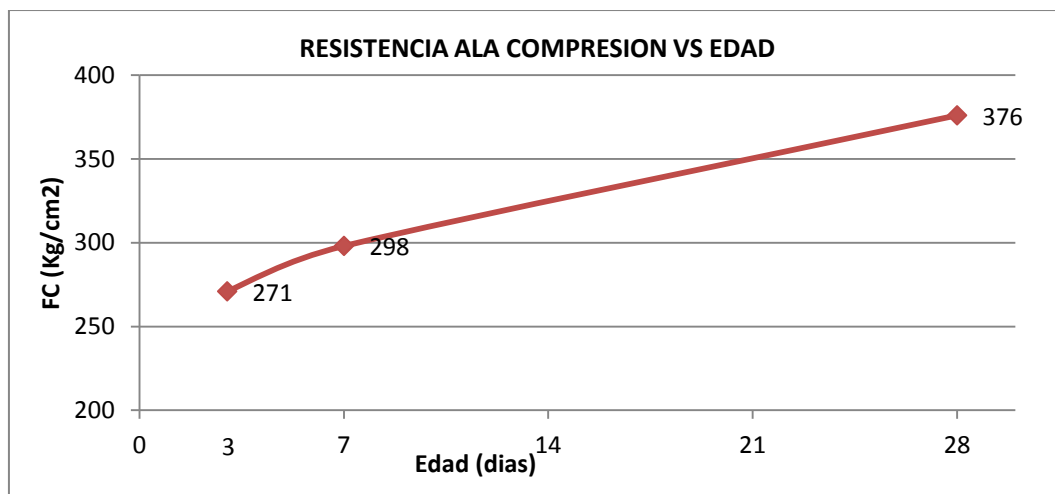


Grafico n°5: resistencia a la compresión

Fuente: propio

Tabla 20: Ensayo de resistencia a la compresión (kg/cm²)_obtenidas según mortero patrón y mortero con sustitución de arcilla 10% y 15%

Edad	Patrón	Arcilla 10%	Arcilla 15%
(Días)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
3	284	286	271
7	350	311	298
28	387	385	376

Fuente: Propia

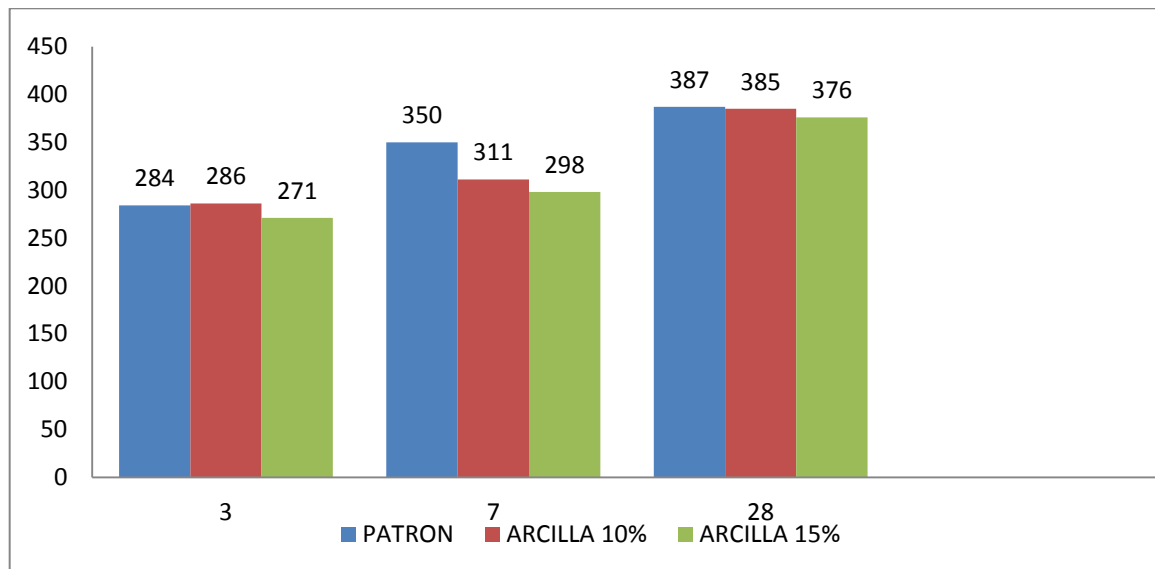


Grafico n° 6: resistencia a la compresión

Fuente: propio

NOTA: Se puede apreciar la comparación de los resultados mediante las gráficas establecidas anteriormente, que dicha finalidad fue seguir el avance del mortero patrón y experimental a los 3 ,7 y 28 días de curado.

El mortero experimental tiene comportamiento puzolanico, ya que su resistencia va en aumento, y sigue la línea del mortero patrón.

Entre los 7 días y 28 días, se aprecia un crecimiento considerable en la resistencia a compresión, producto de la reacción de los componentes puzolanicos.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA QUIMICA

CARACTERIZACION DEL MATERIAL

Tabla 21: composicion quimica basica de la arcilla

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
Trióxido de Aluminio (Al_2O_3)	51.772	Espectrometría de Fluorescencia De Rayos X
Dióxido de Silicio (SiO_2)	43.000	
Oxido de Potasio (K_2O)	3.406	
Dióxido de Titanio (TiO_2)	1.033	
Oxido de calcio (CaO)	0.711	
Oxido de Manganeseo (MnO)	0.101	
Oxido de Cadmio (CdO)	0.027	

fuelle: ensayo en la laboratorio UNT

INTERPRETACIÓN: De los resultados obtenidos del análisis de Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X, se registra la composición química básica del material, teniendo como componentes en altos porcentajes a Trióxido de Aluminio, Dióxido de Silicio que forman parte de los componentes del cemento. En general se obtuvieron buenos resultados en el análisis ya que podemos sostener que es un material cementante

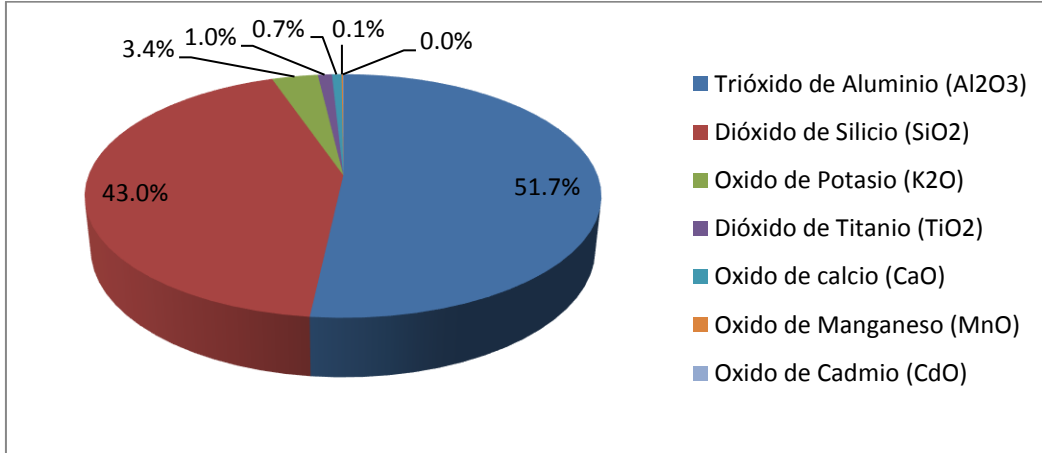


Grafico n° 7: Composición química de la arcilla

Fuente: propio

SE REALIZO UNA COMPARACION DE COMPONENTES QUIMICOS DEL CEMENTO CON LA ARCILLA

Tabla 22: Componentes químico del cemento al 100%

Cemento Tipo 1	
Porcentaje	100%
Calcio	62.50
Silicio	21.00
Aluminio	6.50
Hierro	2.50
Azufre	2.00
Magnesia	2.00
Perdida al Fuego	2.00
Residuo insoluble	1.00
Alcalis	0.50

Fuente: propio

Tabla 23: Componentes químicos del cemento en 90% y 85%, arcilla en 10% y 15%

Cemento Tipo 1	
Porcentaje	90%
Calcio	56.25
Silicio	18.90
Aluminio	5.85
Hierro	2.25
Azufre	1.80
Magnesia	1.80
Perdida al Fuego	1.80
Residuo insoluble	0.90
Alcalis	0.45

Fuente: propio

Cemento Tipo 1	
Porcentaje	85%
Calcio	53.13
Silicio	17.85
Aluminio	5.53
Hierro	2.13
Azufre	1.70
Magnesia	1.70
Perdida al Fuego	1.70
Residuo insoluble	0.85
Alcalis	0.43

Fuente: propio

Arcilla de Cuscuden	
Porcentaje	10%
Calcio	0.071
Silicio	4.300
Aluminio	5.172
Titanio	0.103
Potasio	0.341
Manganeso	0.010

Fuente: propio

Arcilla de Cuscuden	
Porcentaje	15%
Calcio	0.107
Silicio	6.450
Aluminio	7.758
Titanio	0.155
Potasio	0.511
Manganeso	0.015

Fuente: propio

Tabla 24: Componentes químicos de la mezcla de Cemento 90%+Arcilla10% y Cemento 85%+Arcilla 15%

Cemento+Arcilla	
Porcentaje	90%+10%
Calcio	56.32
Silicio	23.20
Aluminio	11.02
Hierro	2.25
Titanio	0.103
Azufre	1.80
Potasio	0.34
Magnesia	1.80
Manganeso	0.01
Perdida al Fuego	1.80
Residuo insoluble	0.90
Alcalis	0.45

Cemento+Arcilla	
Porcentaje	85%+15%
Calcio	53.23
Silicio	24.30
Aluminio	13.28
Hierro	2.13
Titanio	0.155
Azufre	1.70
Potasio	0.51
Magnesia	1.70
Manganeso	0.02
Perdida al Fuego	1.70
Residuo insoluble	0.85
Alcalis	0.43

Fuente: propio

En la siguiente tabla se puede apreciar el porcentaje faltante y sobrante de cada elemento químico.

Tabla 25: cuadro comparativo del cemento con la combinación

Elemento	Cemento	Combinación (90%+10%)	porcentaje %	Descripción
Calcio	62.50	56.32	6.18	falta
Silicio	21.00	23.20	-2.20	sobra
Aluminio	6.50	11.02	-4.52	sobra
Hierro	2.50	2.25	0.25	falta
Titanio	0.00	0.103	-0.10	sobra
Azufre	2.00	1.80	0.20	falta
Potasio	0.00	0.34	-0.34	sobra
Magnesia	2.00	1.80	0.20	falta
Manganeso	0.00	0.01	-0.01	Sobra
Perdida al Fuego	2	1.80	0.20	Falta
Residuo insoluble	1	0.90	0.10	Falta
Alcalis	0.5	0.45	0.05	Falta

Fuente: propio

Elemento	Cemento	Combinación (85%+15%)	porcentaje %	Descripción
Calcio	62.50	56.32	6.14	falta
Silicio	21.00	23.20	-4.35	sobra
Aluminio	6.50	11.02	-7.11	sobra
Hierro	2.50	2.25	0.25	falta
Titanio	0.00	0.103	-0.15	sobra
Azufre	2.00	1.80	0.20	falta
Potasio	0.00	0.34	-0.51	sobra
Magnesia	2.00	1.80	0.20	falta
Manganeso	0.00	0.01	-0.02	sobra
Perdida al Fuego	2	1.80	0.20	falta
Residuo insoluble	1	0.90	0.10	falta
Alcalis	0.5	0.45	0.05	Falta

Fuente: propio

INDICE DE PLASTICIDAD

Tabla 26: comparaciones para límite líquido y limite plástico de la arcilla

Tipo de limite	Tara	Peso de la tara (gr)	# de golpes	Peso con la muestra	Peso seco (al horno) gr
LIQUIDO	G-6	18.780	15	37.218	27.90
	03	19.003	26	35.030	27.10
	1A	18.271	34	39.447	29.30

Fuente: Propia

Tipo de limite	Tara	Peso de la tara (gr)	Peso con la muestra	Peso seco (al horno) gr
PLASTICO	C-3	18.379	23.610	22.10
	F-20	18.508	24.383	22.60
	A-2	19.096	29.266	22.70

Fuente: Propia

RESULTADOS

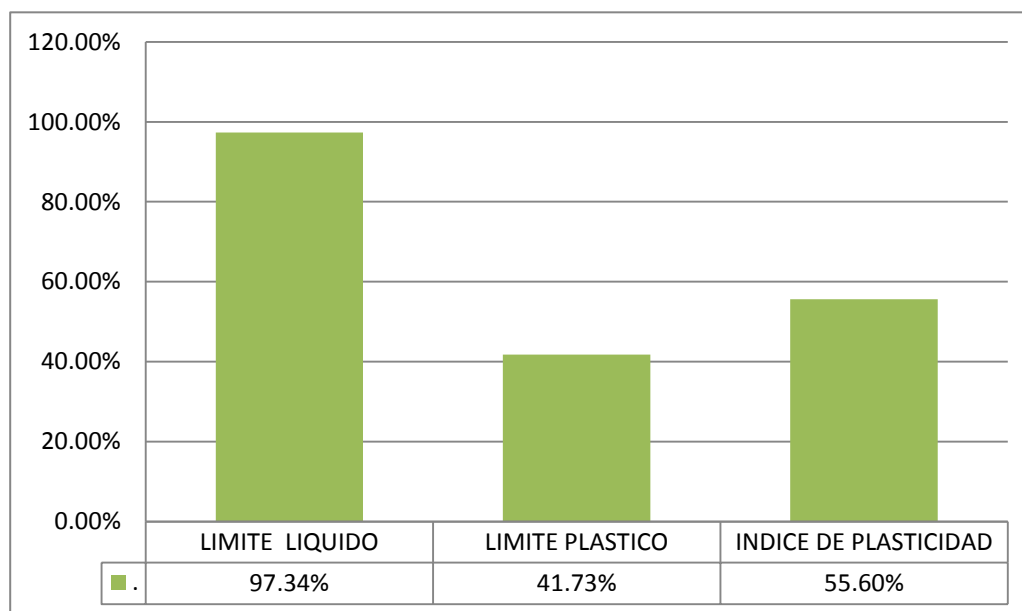


Grafico n° 8: índice de plasticidad

Fuente: propio

Con estos resultados podemos saber qué tipo de arcilla es en el siguiente diagrama:

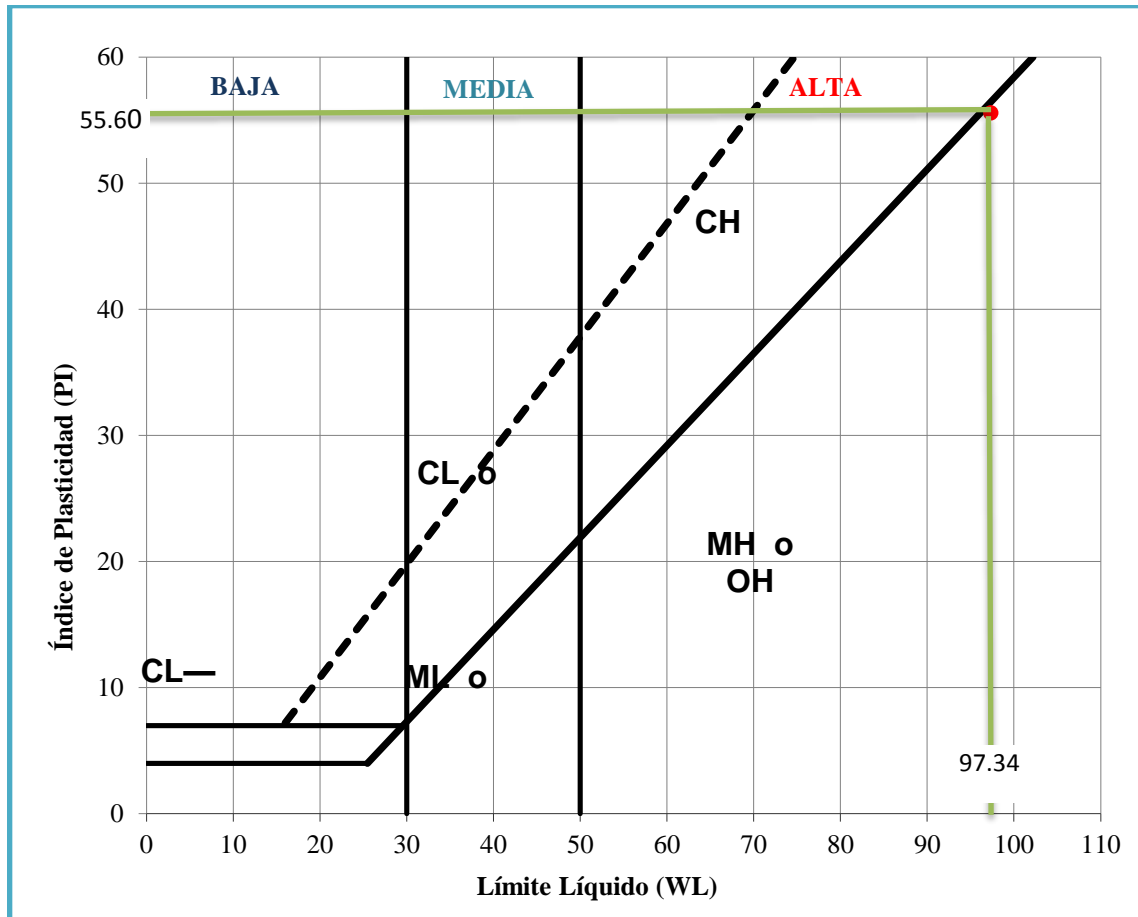


Grafico n° 9: Diagrama de casa grande

Fuente: propio

COMPARACION DE PESOS DE ESPCIMINES PATRON Y EXPERIMENTAL

Tabla n°27: comparación de pesos de especímenes patrón y experimental 10 y 15% de ceniza de tusa de maíz.

EDAD	3 DIAS			7 DIAS		
MORTERO	PATRON	EXPE. 10%	EXPE. 15%	PATRON	EXPE. 10%	EXPE. 15%
M1	298.50	301.20	302.70	299.10	299.50	301.90
M2	289.60	299.80	302.30	301.80	299.90	305.00
M3	298.70	299.10	301.30	299.80	302.50	302.50
PROMEDIO	295.60	300.03	302.10	300.23	300.63	303.13
Fuente: propio						

EDAD	28 DIAS		
MORTERO	PATRON	EXPE. 10%	EXPE. 15%
M1	299.90	301.70	302.80
M2	299.50	300.10	303.90
M3	300.80	299.90	304.50
PROMEDIO	300.07	300.57	303.73

Fuente: propio

PROMEDIO DE PESOS

PESOS PROMEDIO (gr)			
EDAD	3 DIAS	7 DIAS	28 DIAS
PATRON	295.60	300.23	300.07
EXP 10%	300.03	300.63	300.57
EXP 15%	302.13	303.13	303.73

Fuente: propio

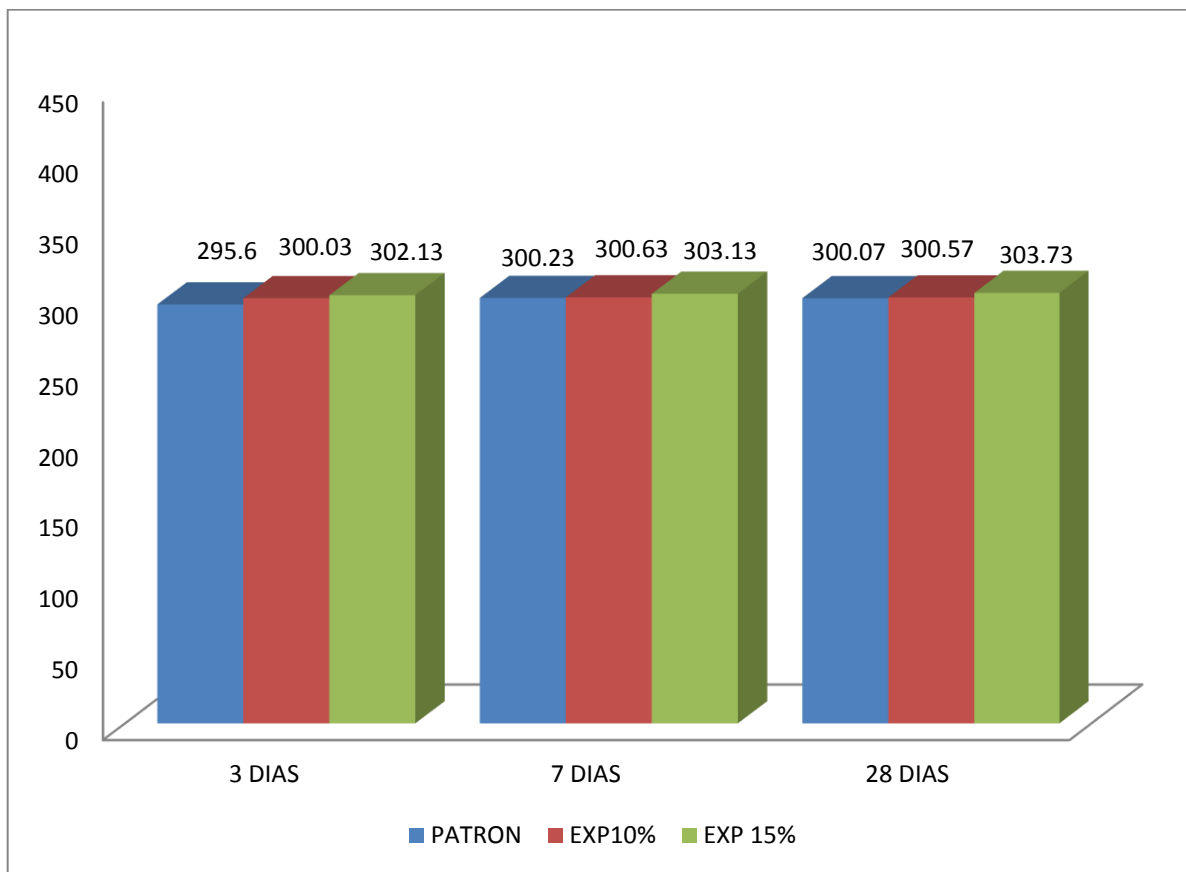


Grafico n°10: pesos promedio de los especímenes patrón y experimental 10% y 15%

Fuente: propio

También se realizó el peso específico de la muestra experimental. 15% y 10%

TABLA N° 28: DETERMINACION DE PESO ESPECÍFICO

Prueba N° (15%)	1	2
Lectura Inicial (ml)	0.00	0.00
Lectura Final (ml)	18.90	18.90
Peso de Muestra (gr)	64.00	64.00
Volumen Desplazado (ml)	18.90	18.90
Peso Especifico	3.386	3.386
Peso Específico Promedio (gr/cm3)	3.386	

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos de la USP.

Prueba N° (10%)	1	2
Lectura Inicial (ml)	0.00	0.00
Lectura Final (ml)	19.10	19.10
Peso de Muestra (gr)	64.00	64.00
Volumen Desplazado (ml)	19.10	19.10
Peso Especifico	3.351	3.351
Peso Específico Promedio (gr/cm3)	3.351	

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos de la USP.

IV). ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

- ✓ En la gráfica N°01 se puede apreciar dos importantes pérdidas de masa el primero alrededor de los 90° C hasta 140° C ya que se da la pérdida de agua debido a la evaporación de la misma, luego se mantiene casi constante y la segunda en torno a 480° C hasta 550°C y desde ahí se da una pérdida de masa más lenta hasta 930 ° C. En todo el rango de temperatura analizado pierde un aproximado del 23% de su masa inicial.
- ✓ En la gráfica N°02 la curva muestra un pico endotérmico aproximadamente a 120°C, y una pequeña región endotérmica entre 180° y 230° lo cual indica está absorbiendo calor y produciendo un cambio en la capacidad calorífica manifestándose en calentamiento como consecuencia de esto se producirá evaporación y una transición endotérmica alrededor de los 540° C, donde descarga energía y se produce un proceso de oxidación. Realice la calcinación del material a 540° C a un tiempo de 2 horas.
- ✓ Consideré como valor referencial para la calcinación de la arcilla Cuscuden a 540°C ya que hay un cambio de fase en un tiempo de 2 horas, pudiendo observar en el análisis de fluorescencia resultados favorables que indica que hay tres tipos de puzolanas y que uno de los requerimientos químicos es que el contenido de óxido de silicio, hierro y aluminio.
- ✓ El ensayo de Fluorescencia de Rayos x que se realizó en la Universidad Nacional de Ingeniería, el cual nos proporciona la composición química de la arcilla arrojo resultados favorables en cuanto a una similar composición química del cemento y obteniendo así los siguientes componentes (Tabla N°21) para el desarrollo de la investigación. La composición química cuenta con 43 % de dióxido de sílice el cual es bajo a comparación con la sílice del cemento que es 21 %, lo que ocasionaría que la resistencia del mortero experimental a edades mayores a 28 sean favorables, Así mismo el Trióxido de aluminio con 51.772 % y oxido de calcio con 0.711 % van a colaborar para que se pueda generar

una óptima resistencia del mortero experimental. El óxido de magnesio y el óxido de potasio 0.101 % y 3.406 % respectivamente, no serían muy favorables al desarrollo de la resistencia del mortero experimental por ser expansivos y generar eflorescencia.(provocar agrietamientos a futuro)

- ✓ En las 2 sustituciones que se hizo los exámenes de alcalinidad sus valores PH no varían mucho con respecto al del cemento, lo cual son buenos resultados por la razón de que el calor de hidratación es moderado o similar a lo que genera el cemento. En cuanto a mi material tiene la mínima diferencia de llegar a ser alcalino pero sin embargo esta en el rango como material neutro. (Tabla N°16)
- ✓ Para el ensayo de limite liquido se obtuvo 97.37%, y el limite plástico se obtuvo 41.73% y un índice de plasticidad de 55.60% lo cual se puede decir que se tiene una buena presencia de arcilla illite después del lavado por la alta plasticidad de tiene, lo que es una característica fundamental de la arcilla. (Tabla N°26)
- ✓ Grafica N°09, Según el Diagrama de Casagrande Obtenemos que es una arcilla Illite de alta plasticidad.
- ✓ En la Tabla N°25, Podemos observar que el elemento más faltante es el calcio con un 6.18% en la sustitución al 10% y 6.14% en la sustitución al 15%, estos porcentajes influyo en la disminución de la resistencia con respecto al patrón.
- ✓ Analizando los resultados de la Grafica N° 05, se puede observar lo siguiente:
El mortero patrón muestra una alta resistencia a los 3 días de 284 kg/cm², luego se aprecia un crecimiento a los 7 días de 350 kg/cm² y un buen aumento de la resistencia hasta alcanzar los 387 kg/cm² a los 28 días, este comportamiento es producto de la buena gradación de los agregados finos establecida en la NTP 399.607 y a la relación agua/cemento de 0.485.

El mortero Experimental con una sustitución de 10% (arcilla de Cuscuden) muestra una resistencia a compresión de 286 kg/cm² los primeros 3 días de curado y crece muy poco a los 7 días cuando registra una resistencia de 311 kg/cm²; sin embargo, se puede apreciar un gran crecimiento de su resistencia a los 28 días de curado de 385 kg/cm². El crecimiento considerable entre los 7 y 28 días es producto a un lento fraguado inicial de los primeros 7 días, para luego incrementar por el tiempo de curado. (Grafica N° 06)

El mortero Experimental con una sustitución de 15% (arcilla de Cuscuden) muestra una resistencia a compresión de 271 kg/cm² los primeros 3 días de curado y crece muy poco a los 7 días cuando registra una resistencia de 298 kg/cm²; sin embargo, se puede apreciar un gran crecimiento de su resistencia a los 28 días de curado de 376 kg/cm². El crecimiento entre los 7 y 28 días es producto a un lento fraguado inicial de los primeros 7 días, para luego incrementar por el tiempo de curado o igual al patrón. (Grafica N° 06)

V). CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- ✓ La arcilla natural de Cuscuden (Mangallpa) obtuvo un alto índice de plasticidad 55.60%, es decir tiene una trabajabilidad bastante plástica
- ✓ En el ATD, respecto al análisis calorímetro se obtuvo una temperatura de 540° C, pero necesitaba más temperatura para que el nuevo cemento al reaccionar con el agua logre aumentar su calor de hidratación y ser exotérmico por el motivo que se va a emplear, entonces es por ello que se calcino a mas temperatura.
- ✓ Se logró la activación térmica de los precursores pulzolánicos de la arcilla de Cuscuden – Cajamarca a una temperatura de calcinación de 540° C en un periodo de 2 horas .
- ✓ Se obtuvo un alto contenido de Trióxido de Aluminio de 51.772%, en comparación al cemento portland tipo I (6.5%) lo cual este elemento químico es bueno para el concreto con respecto a la propiedad de durabilidad, flexibilidad y resistencia.
- ✓ Se obtuvo el PH de la arcilla de Cuscuden-Cajamarca, logrando determinar un resultado de 7.10 lo que nos indica que es neutro, pero al ser mezclado con el cemento que es lo que se necesita, alcanzo un resultado de 12 para el 10% y un 12 para el 15% indicando que es alcalino y tomarlo como un material base y bueno para el concreto.
- ✓ De acuerdo a la norma NTP 334.051, se obtuvo la relación a/c del mortero patrón de 0.485 y la relación a/c del mortero experimental de 0.485 de acuerdo al ensayo de fluidez.

- ✓ Se realizó los ensayos a compresión de los morteros patrón y experimental (Tabla N°20), el experimental de sustitución al 10% a los 3 días de curado obtuvo un aumento de 0.7 %, a los 7 días de curado disminuyo un 11.14% y los 28 días de curado disminuyo un 0.52%, y en el experimental al 15% a los 3 días de curado disminuyo un 4.58%, a los 7 días de curado disminuyo un 14.86% y a los 28 días de curado disminuyo un 2.84%, es decir el mortero experimental casi supera al mortero patrón. Esto se debió a que la arcilla tiene un pH neutro de 7.10 y contiene los componentes químicos del cemento.

Recomendaciones

- ✓ Evaluar mediante una termogravimetría a la arcilla a un rango ,mayor de 540°C, y así poder experimentar si existen cambios en los componentes químicos
- ✓ Al momento de activar el material tener cuidado en no contaminar la muestra porque sería perjudicial para los resultados que deseamos obtener
- ✓ Debido a su falta de contenido de dióxido Calcio, es posible tratar de combinarlo con otra materia prima orgánica que presente gran contenido de dióxido de calcio y mejore su resistencia
- ✓ El PH del nuevo cemento debe estar entre un rango de 11-12 de lo contrario Si está en valores menores o superiores a este podría la mezcla ser perjudicial lo cual destruye el concreto, presenta fisuras y con el tiempo deterioro.
- ✓ Evaluar a edades mayores a 28 días para determinar en cuanto se aproxima la resistencia del mortero experimental respecto al patrón o superarlo, así como también aumentar los porcentajes de sustitución.

VI). AGRADECIMIENTO

Fueron muchos los que colaboraron para llevar esta investigación a cabo, todos ellos sin esperar ninguna recompensa más que el sentirse bien de ayudar a otro. Por eso muchas gracias.

A Dios, por darme la fuerza para culminar mis estudios y este proyecto, por ser mi mayor guía e iluminarme en cada paso que daba, gracias por tu amor y mostrarme la luz que siempre tenía que seguir, ser perseverante y no rendirme jamás.

A mis padres, **Santiago y Madeleine**, por todo lo que me han brindado a lo largo de toda mi vida, el apoyo diario, la paciencia que me han tenido, la motivación en cada día, por eso y mucho más gracias infinitamente, y eternamente estaré agradecida con ustedes, ya que son mi mayor motivo para salir adelante y estén siempre orgullosos de mí, los amo tanto.

VII). REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

-ABANTO, Flavio. (2003). Tecnología del Concreto. Perú: Editorial San Marcos.

-ALUJAS, A.(2010). Empleo de Arcillas Caoliníticas de Bajo Grado Activadas Térmicamente como una Alternativa para el Reemplazo Parcial de Cemento Pórtland. Revista CENIC Ciencias Químicas, vol. 41, pp. 1-10.

-Bryan, D; Hugger, J; Horstam, M; Voss E. (2008, 8 de Diciembre). Nuevos Desarrollos en la Tecnología del Concreto, PHI- Planta de Hormigón Internacional. Recuperado de <http://www.imcyc.com/ct2008/dic08/dic08/tecnologia.htm>.

-CESPEDES, Marco. (2003). Resistencia a la Compresión del Concreto A partir de la Velocidad de Pulsos de Ultrasonido, Tesis de Ingeniería Civil. Universidad de Piura, Perú.

-DRUC, I. (1996). De la Etnografía Hacia la Arqueología: Aportes de Entrevistas con Ceramistas de Ancash (Perú) Para la Caracterización de la Cerámica Prehispánica. Bull Inst, 25(1), 17-41.

-DRUC, I. (1996). De la Etnografía Hacia la Arqueología: Aportes de Entrevistas con Ceramistas de Ancash (Perú) Para la Caracterización de la Cerámica Prehispánica. Bull Inst, 25(1), 17-41.

-LUIS,A (2015). Evaluación de la Arcilla Calcina de pontezuela como aditivo extendedor en lechadas de cemento Portland.

-NTP 400.012. (2001). Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

-NTP 399.088. (2013). Agua para la mezcla de mortero.

-NTP 334.051. (2013). Ensayo de Compresión en Morteros (c/cubo).

-NTP 334.005. Peso específico.

-NTP 399.607. (2013). Unidades de Albañilería, Especificación normalizada de agregados para mortero

-Norma ASTM C 305

-NORMA ASTM C 230

-PIZARRA, R. (1998), Arcillas Activadas por Lixiviación Parcial con Ácido Sulfúrico, Tesis de Ingeniería Química. Universidad Mayor de San Marcos, Perú.

-RIVVA, E. (1999). Diseño de Mezclas. Perú: Editorial Hozlo S.C.R.L.

-SUN KOU, M. (2004). Preparación de Filtros de Adsorción a Base de Arcillas Modificadas. Perú: Guzlop Editoras.

Bibliografías electrónicas:

http://www.bdigital.unal.edu.co/6167/17/9589322824_Parte5.pdf

https://www.uclm.es/area/ing_rural/Hormigon/Temas/Morteros.pdf

<ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/geanrilo/docs/FIC%20y%20GEOTEC%20SEM%20>

[%20de%202010/Tecnologia%20del%20Concreto%20-](#)

[%20%20PDF%20ver.%20%202009/Cap.%2009%20-](#)

[%20Dosificacion%20de%20morteros.pdf](#)

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmfcic534a/doc/bmfcic534a.pdf>

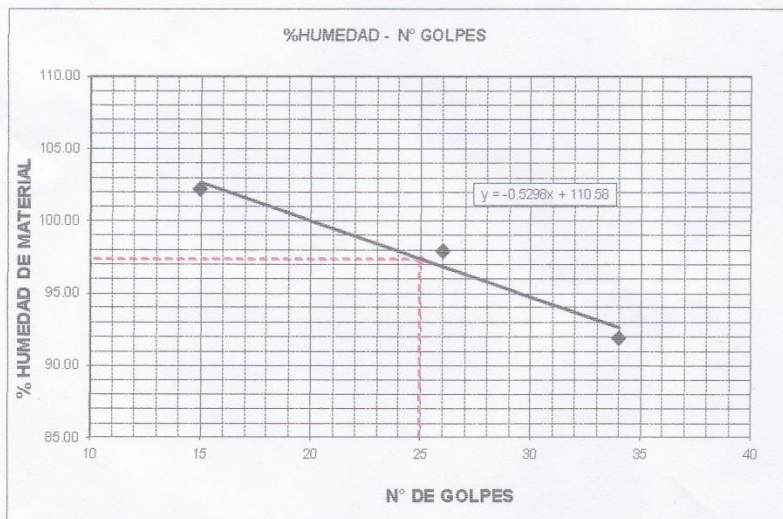
VIII). ANEXOS

ANEXO N° 01: Limite líquido y Limite plástico

LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO (MTC E-110,E-111,ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA : MANTILLA PAREDES ELVIS ARTURO
TESIS RESISTENCIA DE MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 5% POR ARCILLA DE CUSCUDEN
 SAN PABLO (CAJAMARCA)
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA -ANCASH
MUESTRA : C - 1 M - 1
FECHA : 11/07/2016

Nro. DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	37.22	35.03	39.44	23.61	24.38	24.22
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	27.90	27.10	29.30	22.10	22.60	22.70
PESO DE LA TARA (gr.)	18.78	19.00	18.27	18.37	18.50	19.02
PESO DEL AGUA (gr.)	9.32	7.93	10.14	1.51	1.78	1.52
PESO SUELO SECO (gr.)	9.12	8.10	11.03	3.73	4.10	3.68
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	102.17	97.90	91.93	40.48	43.41	41.30
Nro. DE GOLPES	15	26	34	41.73		



LIMITE LIQUIDO		
(MTC E-110,ASTM D-4318 y AASHTO T89)		
LL :	%	97.34

LIMITE PLASTICO		
(MTC E-111,ASTM D-4318 y AASHTO T90)		
LP :	%	41.73

INDICE DE PLASTICIDAD		
ASTM D-438		
IP :	%	55.60



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayos de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE

ANEXO N° 02: Alcalinidad (PH)



ÁREA DE ANÁLISIS CLÍNICOS

INFORME TÉCNICO N° 0002914

SEMINARIO DE TESIS II. UNIVERSIDAD SAN PEDRO.

1. **DATOS DEL SOLICITANTE** : MANTILLA PAREDES, ARTURO
2. **FECHA DE EMISIÓN** : 17 - 05 - 2016
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : REACCIÓN QUÍMICA (PH)
4. **DATOS DE REFERENCIALES DE LA MUESTRA :**
 - 4.1 Identificación de las muestras : CEMENTO TIPO I: 1 gr.
ARCILLA ACTIVADA DE CUSCUDEN - CAJAMARCA: 1 gr.
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO CLÍNICO - POLICLINICO RIVERA
6. **EQUIPO UTILIZADO** : PH - METRO
7. **RESULTADOS**

MUESTRAS	RESULTADOS(Ph)	MÉTODO UTILIZADO
CEMENTO TIPO I: 1 gr.	12.4	Reacción química
ARCILLA ACTIVADA DE CUSCUDEN - CAJAMARCA: 1 gr.	7.1	

8. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

El informe es válido solo para la muestra y las condiciones en los ítems del uno (1) al (4) del presente informe técnico.

El laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni la procedencia de la muestra.

Dr. Freddy E. Rodríguez López
MÉDICO
C.O.P. 11333

FECHA Y HORA DE IMPRESIÓN : 17/05/2016 01:13:06 p.m.

FIRMA Y SELLO DEL MÉDICO A CARGO



ANALISIS DE LABORATORIO

SOLICITADO POR : **Elvis Arturo Mantilla Paredes**
ASUNTO : Medición de PH
PROCEDENCIA : Chimbote
FECHA DE RECEPCION : 27/06/2017
FECHA DE ENTREGA : 03/07/2017

Descripción	Rango pH	Observaciones
Cemento Tipo I	13	(10 g de material + 40 ml de agua destilada)}
Arcilla	5.5-6	(10 g de material + 40 ml de agua destilada)
90% Cemento Tipo I +10% Arcilla	12	(10 g de material + 40 ml de agua destilada)
85% Cemento Tipo I +15% Arcilla	12	(10 g de material + 40 ml de agua destilada)

Medición de pH: con cintas de panpeha y potencióstato.

Trujillo, 03 de Julio de 2017



Ing. Juan Vega González
Jefe de Laboratorio
CIP 79515

ANEXO N° 03: Análisis Térmico Diferencial (ATD)



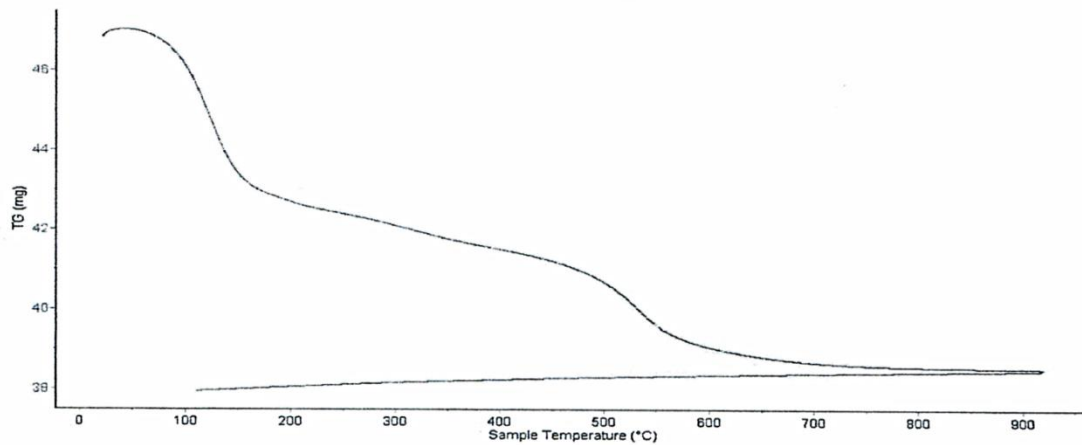
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Polímeros

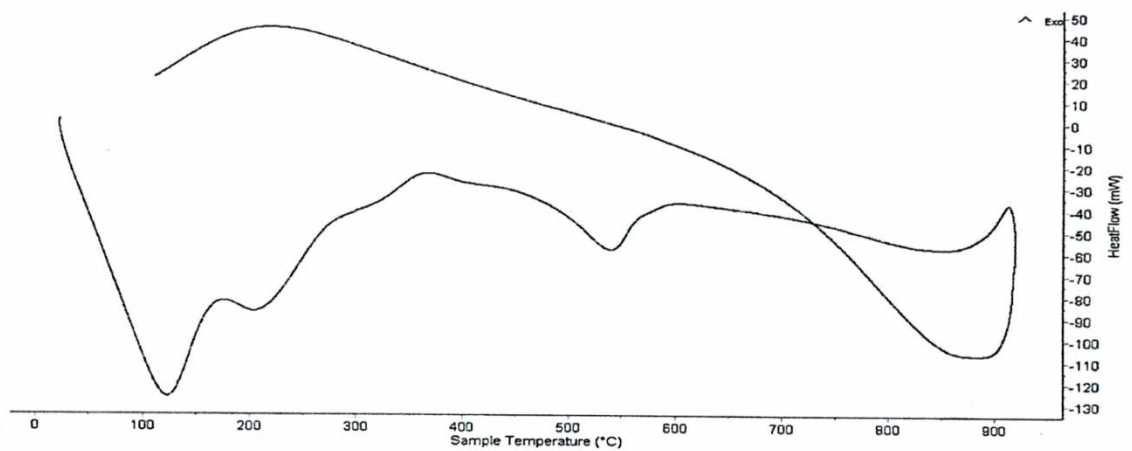
Trujillo, 02 de Junio del 2017

4. Resultados:

I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



II- Curva Calorimétrica ATD



[Signature]
Daphny M. Chávez Novc

Tel.: 44-203510/949790880/958669003 danchavez@hotmail.com / Av. Juan Pablo II s/n - Ciudad Universitaria / Trujillo - Perú



Trujillo, 02 de junio del 2017

INFORME N° 75 - JUN 17

Solicitante: Mantilla Paredes Arturo - Universidad San Pedro

RUC/DNI:

Supervisor:

1. MUESTRA: Arcilla (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	AJ-75M	47.8 mg	Cuscuden

2. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 47.8 mg.

Jefe de Laboratorio:

Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa

Danny M. Chávez Novoa
Ingeniero de Materiales



Trujillo, 02 Junio del 2017

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra la pérdida de masa en función a la temperatura indicando algunas pérdidas acentuadas en los siguientes rangos de temperatura entre 90 y 140°C y entre 480 y 550°C posteriormente se muestra una pérdida lenta de la masa del material conforme aumenta la temperatura. El material llega a perder un aproximado de 23 % de masa, respecto a su masa inicial a la temperatura máxima de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra un pico de absorción térmica a aproximadamente 120°C y 205°C, posteriormente un ligero pico endotérmico a 540°C lo que podría demostrar posibilidad de existir algún cambio estructural del material.

Trujillo, 02 de Junio del 2017



Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT


.....
Danny M. Chávez Novoa

ANEXO N° 04: Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE CIENCIAS
LABICER (Laboratorio N° 12)
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



INFORME TÉCNICO N° 0738 – 16 – LAB. 12

1. DATOS DEL SOLICITANTE
 - 1.1 NOMBRE DE LOS SOLICITANTES : ELVIS ARTURO MANTILLA PAREDES
 - 1.2 DNI : 72298917
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 25 / 05 / 2016
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 25 / 05 / 2016
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 25 / 05 / 2016
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA
 - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE ARCILLA
 - 4.2 TESIS :
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO N°12 - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 25.0 °C; Humedad relativa: 62%
7. EQUIPO UTILIZADO : Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X. SHIMADZU, EDX 800-HS.
8. RESULTADOS

8.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA COMO ÓXIDOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Trióxido de Aluminio (Al_2O_3)	51.722	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X
Dióxido de Silicio (SiO_2)	43.000	
Óxido de Potasio (K_2O)	3.406	
Dióxido de Titanio (TiO_2)	1.033	
Óxido de Calcio (CaO)	0.711	
Óxido de Manganeso (MnO)	0.101	
Óxido de Cadmio (CdO)	0.027	

*El porcentaje de error del equipo es de $\pm 0.02\%$



ANEXO N° 05: Ensayos del laboratorio



UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO (ASTM C 136-06)

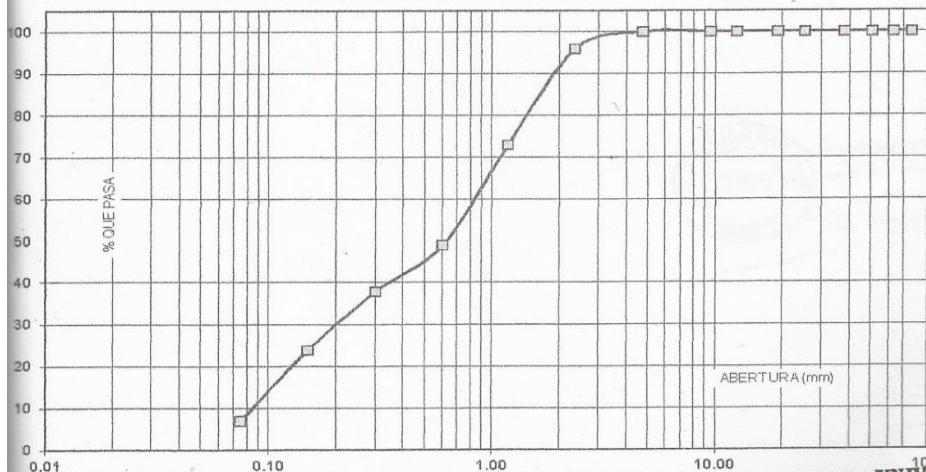
CITA : BACH: MANTILLA PAREDES ELVIS ARTURO
S : RESISTENCIA DE MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 10% Y 15% POR ARCILLA DE CUSCUDEN
SAN PABLO (CAJAMARCA)
AR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
TERA : RUBEN
ERIAL : ARENA GRUESA
HA : 18/08/2017

TAMIZ	Abert. (mm)	Peso retenido (gr.)	% rel. Parcial (%)	% rel. Acumu. (%)	% Que pasa (gr.)
Nº 3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
Nº 4	4.76	0.0	0.0	0.0	100.0
Nº 8	2.36	27.6	4.0	4.0	96.0
Nº 16	1.18	158.1	23.0	27.0	73.0
Nº 30	0.60	165.0	24.0	51.0	49.0
Nº 50	0.30	76.6	11.1	62.1	37.9
Nº 100	0.15	96.3	14.0	76.1	23.9
Nº 200	0.08	115.9	16.9	93.0	7.0
TOTAL	ASTM C-117-04	687.7	100.0	100.0	0.0

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Fineza	2.20

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Finos	Arena				Finos
Limo y Arcilla	Fina	Media	Gruesa	Fina	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Cel: 990579937
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**



GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO
(Según norma ASTM C-127)

SOLICITA : BACH: MANTILLA PAREDES ELVIS ARTURO
TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 10% Y 15% POR ARCILLA DE CUSCUDEN
SAN PABLO (CAJAMARCA)
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 18/09/2017

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	gr.	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua	gr.	664.80	664.80
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B)	cm ³	964.80	964.80
D	Peso de picnometro + agua + material	gr.	856.20	856.20
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D)	cm ³	108.60	108.60
F	Peso de material seco en estufa	gr.	297.50	297.50
G	Volumen de masa (E-(A-F))		106.10	106.10
H	P.e. Bulk (Base Seca)	F/E	2.739	2.739
I	P.e. Bulk (Base Saturada)	A/E	2.762	2.762
J	P.e. Aparente (Base Seca)	F/E	2.804	2.804
K	Absorción (%) ((D-A)/A)x100		0.84	0.84

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.739
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.762
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.804
Absorción (%) : 0.84



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**



**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO
(ASTM D-2216)**

SOLICITA : BACH: MANTILLA PAREDES ELVIS ARTURO
TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 10% Y 15% POR ARCILLA DE CUSCUDEN
SAN PABLO (CAJAMARCA)
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 18/08/2017

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1084.2	1000.7
TARA + SUELO SECO (gr)	1078.9	995.6
PESO DEL AGUA (gr)	5.3	5.1
PESO DE LA TARA (gr)	201.6	168.7
PESO DEL SUELO SECO (gr)	877.3	826.9
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.60	0.62
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.61	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
[Signature]
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Cel. 99057993
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES



PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO (ASTM C29 / C29M - 09)

SOLICITA : BACH: MANTILLA PAREDES ELVIS ARTURO
 TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 10% Y 15% POR ARCILLA DE CUSCUDEN
 SAN PABLO (CAJAMARCA)
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 18/08/2017

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	7830	7810	7778
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4504	4484	4452
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1615	1608	1597
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1607		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1597		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	8412	8262	8296
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	5086	4936	4970
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1824	1770	1783
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1792		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1782		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Monterrey Reyes
 JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE
MORTERO-EXPERIMENTAL 15%
(MTC E 616-NTP 334.126)**

ALICITA : BACH: MANTILLA PAREDES ELVIS ARTURO
SIS : RESISTENCIA DE MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 10% Y 15% POR ARCILLA DE CUSCUDEN
SAN PABLO (CAJAMARCA)
GAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
TERIAL : ARENA GRUESA
CHA : 18/08/2017
LACION A/C : 0.485

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.10	12.20	10.16	20.08
12.70			
12.50			
11.50			

SERVACIÓN La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%

 **UNIVERSIDAD SAN PEDRO**
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote

Cel. 99057993

Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE
MORTERO-EXPERIMENTAL 10%
(MTC E 616-NTP 334.126)**

LICITA : BACH. MANTILLA PAREDES ELVIS ARTURO
SIS : RESISTENCIA DE MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 10% Y 15% POR ARCILLA DE CUSCUDEN
SAN PABLO (CAJAMARCA)
SAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
TERIAL : ARENA GRUESA
CHA : 18/08/2017
ACION A/C : 0.485

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.10	12.10	10.16	19.09
11.90			
12.30			
12.10			

SERVACIÓN La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Cel. 99057993

Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE
MORTERO-PATRON
(MTC E 616-NTP 334.126)**

OLICITA : BACH: MANTILLA PAREDES ELVIS ARTURO
ESIS : RESISTENCIA DE MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 10% Y 15% POR ARCILLA DE CUSCUDEN
SAN PABLO (CAJAMARCA)
GAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
ATERIAL : ARENA GRUESA
ECHA : 18/08/2017
ELACION Á/C 0.485

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.80	12.15	10.16	19.59
12.30			
11.10			
12.40			

BSERVACIÓN La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Cel. 99057993
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS 5.08 cm-EXPERIMENTAL 10%
(ASTM C 109)**

SOLICITA : BACH: MANTILLA PAREDES ELVIS ARTURO
TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 10% Y 15% POR ARCILLA DE CUSCUDEN
SAN PABLO (CAJAMARCA)
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH
FECHA : 18/08/2017

TESTIGO		FECHA DE ROTURA	Peso Muestra	Densidad	Longitud (a)	Longitud (b)	Longitud (c)	Area (a*b)	Carga Maxima	Resistencia f'c
Nº	ELEMENTO		(gr)	(gr/cm3)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm²)	(kg)	(kg/cm²)
01	EXPERIMENTAL 3 DIAS	24/07/2017	301.2	2.325	5.10	5.08	5.00	25.91	7338.00	283.23
02	EXPERIMENTAL 3 DIAS	24/07/2017	299.8	2.310	5.10	5.09	5.00	25.96	7644.00	294.46
03	EXPERIMENTAL 3 DIAS	24/07/2017	299.1	2.300	5.10	5.10	5.00	26.01	7340.00	282.20
04	EXPERIMENTAL 7 DIAS	20/07/2017	314.5	2.428	5.10	5.08	5.00	25.91	8066.00	311.33
05	EXPERIMENTAL 7 DIAS	20/07/2017	307.3	2.372	5.10	5.08	5.00	25.91	7633.00	294.62
06	EXPERIMENTAL 7 DIAS	20/07/2017	308.0	2.373	5.10	5.09	5.00	25.96	8487.00	326.94
07	EXPERIMENTAL 14 DIAS	11/08/2017	312.5	2.412	5.10	5.08	5.00	25.91	10150.00	391.77
08	EXPERIMENTAL 14 DIAS	11/08/2017	297.5	2.297	5.10	5.08	5.00	25.91	9816.00	378.88
09	EXPERIMENTAL 14 DIAS	11/08/2017	297.5	2.297	5.10	5.08	5.00	25.91	9918.00	382.82



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Cel. 99057993
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**



**ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS 5.08 cm-EXPERIMENTAL 10%
(ASTM C 109)**

ICITA : BACH: MANTILLA PAREDES ELVIS ARTURO
S : RESISTENCIA DE MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 10% Y 15% POR ARCILLA DE CUSCUDEN
AR : SAN PABLO (CAJAMARCA)
LA : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH
18/08/2017

TESTIGO ELEMENTO	FECHA DE ROTURA	Peso Muestra (gr)	Densidad (gr/cm ³)	Longitud (a) (cm)	Longitud (b) (cm)	Longitud (c) (cm)	Area (a*b) (cm ²)	Carga Maxima (kg)	Resistencia f _c (kg/cm ²)
EXPERIMENTAL 3 DIAS	24/07/2017	301.2	2.325	5.10	5.08	5.00	25.91	7338.00	283.23
EXPERIMENTAL 3 DIAS	24/07/2017	299.8	2.310	5.10	5.09	5.00	25.96	7644.00	294.46
EXPERIMENTAL 3 DIAS	24/07/2017	299.1	2.300	5.10	5.10	5.00	26.01	7340.00	282.20
EXPERIMENTAL 7 DIAS	20/07/2017	314.5	2.428	5.10	5.08	5.00	25.91	8066.00	311.33
EXPERIMENTAL 7 DIAS	20/07/2017	307.3	2.372	5.10	5.08	5.00	25.91	7633.00	294.62
EXPERIMENTAL 7 DIAS	20/07/2017	308.0	2.373	5.10	5.09	5.00	25.96	8487.00	326.94
EXPERIMENTAL 14 DIAS	11/08/2017	312.5	2.412	5.10	5.08	5.00	25.91	10150.00	391.77
EXPERIMENTAL 14 DIAS	11/08/2017	297.5	2.297	5.10	5.08	5.00	25.91	9816.00	378.88
EXPERIMENTAL 14 DIAS	11/08/2017	297.5	2.297	5.10	5.08	5.00	25.91	9918.00	382.82



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Cel. 990579937

Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS 5.08 cm
(ASTM C 109)**

SOLICITA : BACH: MANTILLA PAREDES ELVIS ARTURO
TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 10% Y 15% POR ARCILLA DE CUSCUDEN
SAN PABLO (CAJAMARCA)
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH
FECHA : 18/08/2017

Nº	TESTIGO ELEMENTO	FECHA DE ROTURA	Peso Muestra	Densidad	Longitud (a)	Longitud (b)	Longitud (c)	Area (a*b)	Carga Maxima	Resistencia f _c
			(gr)	(gr/cm ³)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kg)	(kg/cm ²)
01	PATRON 3 DIAS	9/06/2017	312.5	2.343	5.12	5.21	5.00	26.68	7332.00	274.86
02	PATRON 3 DIAS	9/06/2017	315.0	2.385	5.13	5.15	5.00	26.42	7048.00	266.77
03	PATRON 3 DIAS	9/06/2017	314.5	2.414	5.10	5.11	5.00	26.06	6733.00	258.36
04	PATRON 7 DIAS	24/07/2017	308.7	2.369	5.10	5.11	5.00	26.06	8834.00	338.97
05	PATRON 7 DIAS	24/07/2017	307.3	2.309	5.21	5.11	5.00	26.62	8928.00	335.35
06	PATRON 7 DIAS	24/07/2017	313.3	2.395	5.11	5.12	5.00	26.16	9863.00	376.98
07	PATRON 28 DIAS	28/06/2017	314.2	2.411	5.10	5.11	5.00	26.06	9700.00	372.20
08	PATRON 28 DIAS	28/06/2017	309.0	2.294	5.20	5.18	5.00	26.94	10810.00	401.32
09	PATRON 28 DIAS	28/06/2017	315	2.362	5.21	5.12	5.00	26.68	10360.00	388.38



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote

Cel. 990579937

Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO-EXPERIMENTAL 15%

(Frasco de Le Chaletier)

(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000)

SOLICITA BACH:MANTILLA PAREDES ELVIS ARTURO
TESIS RESISTENCIA DE MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 10% Y 15% POR ARCILLA DE CUSCUDEN
SAN PABLO (CAJAMARCA)
MATERIAL CEMENTO 85% Y 15% ARCILLA DE CUSCUDEN
FECHA 18/08/2017

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	18.90	18.90
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	18.90	18.90
PESO ESPECIFICO		3.386	3.386
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm3)	3.386	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Cel. 990579937

Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO-EXPERIMENTAL 10%

(Frasco de Le Chaletier)

(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000)

SOLICITA BACH:MANTILLA PAREDES ELVIS ARTURO
TESIS RESISTENCIA DE MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 10% Y 15% POR ARCILLA DE CUSCUDEN
SAN PABLO (CAJAMARCA)
MATERIAL CEMENTO 90% Y 10% ARCILLA DE CUSCUDEN
FECHA 18/08/2017

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	19.10	19.10
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	19.10	19.10
PESO ESPECIFICO		3.351	3.351
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm3)	3.351	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote

Cel. 990579937

Email: imsyem@usanpedro.edu.pe

IX). PANEL FOTOGRAFICO



FOTO N° 1: observamos la ruta por la cual debemos ir para llegar a los yacimientos de arcilla



FOTO N° 2: Observamos el primer yacimiento de una arcilla arenosa



Foto n° 3 : llegando al segundo yacimiento de arcilla ligosa lo cual se uso



FOTO N° 4 Y 5: La arcilla fue llevada a la universidad san pedro para ser lavada en el laboratorio de suelos





FOTO N° 6-7-8: La arcilla ya asentaba por 24 horas se extrajo el agua hasta llegar al nivel de la arcilla para luego ser puestas en moldes de lata para su respectivo secado de 7 días



FOTO N° 9-10: La arcilla ya asentaba por 24 horas se extrajo el agua hasta llegar al nivel de la arcilla para luego ser puestas en moldes de lata para su respectivo secado de 7 días



FOTO N° 9: inserción de agua a la arcilla

FOTO N° 10: arcilla puesta en el dispositivo mecánico aparato casagrande. Cerró con 15 golpes

FOTO N° 11: peso de la tara g-6 con muestra 37.218 gr



FOTO N° 12: elaboración de los bastones con la arcilla tratada
 FOTO N° 13: 03 taras con los bastones de arcilla, 03 taras de muestra de arcilla
 FOTO N° 14: colocación de las taras en el horno, para el secado

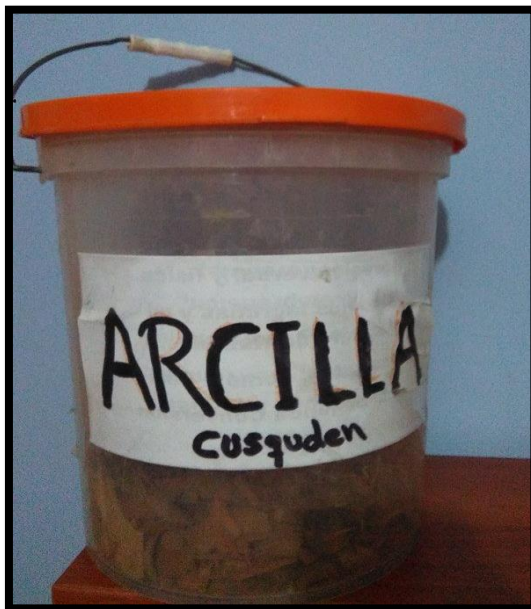


FOTO N° 15: arcilla lista en el balde para ser calcinada en la UNT

FOTO N° 16: se calcina la arcilla a una temperatura controlada de 540° por 2 hora



FOTO N° 17: arcilla activada y cemento listos para el respectivo ensayo

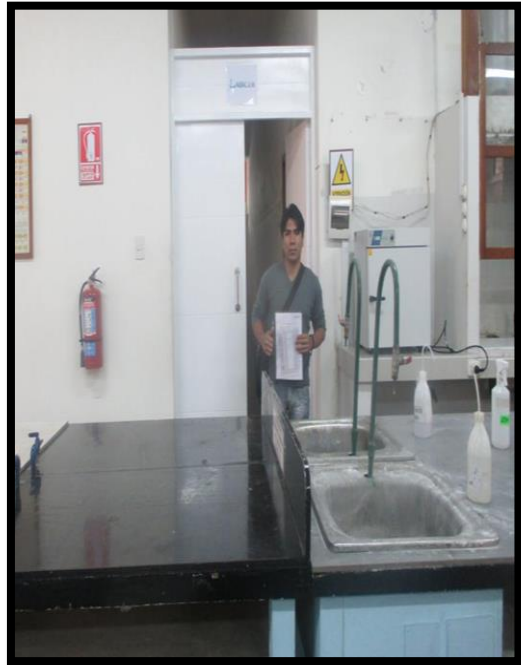


FOTO N° 18: se llevó aproximadamente 60 gr de arcilla activada para el respectivo ensayo
FOTO N° 19: laboratorio labicer



Recolección de Agregado para diseño de mortero Cantera RUBEN



Ensayos de la arena en el Laboratorio de mecánica de Suelos de la USP



FOTO N° 20: Preparación de la mezcla de mortero



FOTO N° 21-22: colocando la mezcla en el molde



FOTO N°23: chuselando 32 veces por cada capa (2 capas)



FOTO N° 24: ensayo de fluidez en la USP



FOTO N°25-26: desencofrado de morteros patrón

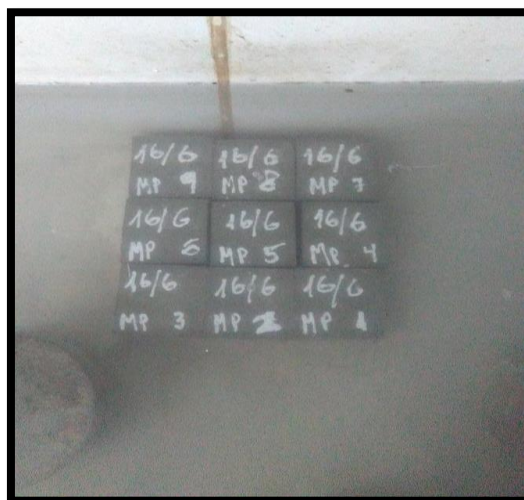


FOTO N°27-28: se peso y se coloco los morteros al agua para el respectivo curado



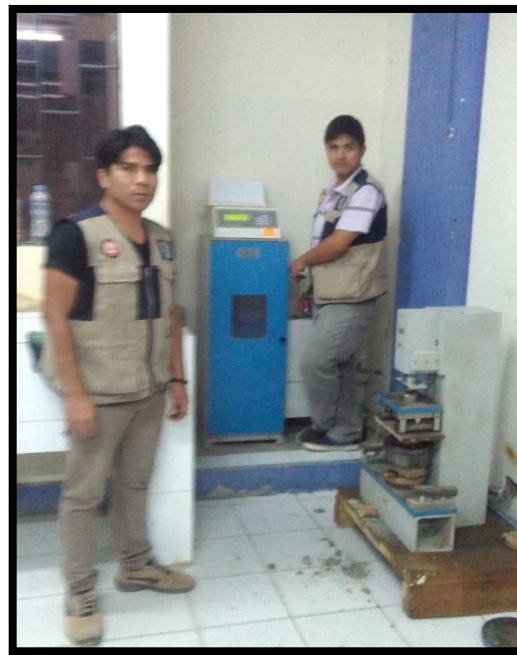
Ensayo de peso específico del cemento y arcilla en la USP



Ensayo de compresión de Mortero patrón en la USP



Mezclado del experimental con cemento sustituido al 10% y 15% por arcilla



Ensayo de compresión de mortero sustitución 10% y 15% en la USP